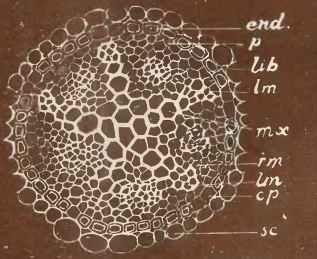
IOAN GRINȚESCU

# BOTANICA




EDITURA
ȘTIINȚIFICĂ
ȘI
ENCICLOPEDICĂ

# BOTANICA

Bradbury 2019

## AUTORI:

dr. ANDREI MARIN
dr. FABIAN ANA
dr. PETRIA ELENA
dr. RĂDULESCU-MITROIU NATALIA
dr. SORAN VIOREL
dr. doc. ŞERBĂNESCU-JITARIU GABRIELA
dr. TEODOREANU EUGENIA
dr. TOMA CONSTANTIN

Bibliotheca 2010

IOAN GRINȚESCU

# BOTANICA

Ediția a II-a revizuită și îmbunătățită sub coordonarea
dr. MARIN ANDREI și dr. NATALIA RĂDULESCU-MITROIU

EDITURA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ENCICLOPEDICĂ
București, 1985

BibliotecaDigitală 2019

Coperta şi supracoperta:
ION MINCU

# PREFAȚĂ LA EDIȚIA A II-A

*Tratatul de botanică generală se înscrie în preocuparea actuală de valorificare creatoare a operelor de seamă ale înaintașilor noștri. Aceasta cu atît mai mult cu cît avem în vedere și numărul mare de biologi, cercetători, cadre didactice medii și universitare, care în munca lor zilnică sînt nevoiți să apeleze la o carte mai cuprinzătoare decît un simplu curs universitar. În acest sens, autorii acestei ediții, cu sprijinul nemijlocit al Ed. Științifice și Enciclopedice, s-au gîndit să repună în circulație „Cursul de botanică generală“ tipărit între cele două războaie mondiale de eminentul botanist român* Ioan Grințescu.

*În aranjarea capitolelor s-a căutat, pe cît a fost cu putință să se respecte structura cărții ilustrului nostru înaintaș. În scrierea* de facto *a întregului text s-a urmărit ca informațiile transmise cititorului să fie la nivelul actual al cunoștințelor de biologie vegetală. Din acest punct de vedere aproape toate capitolele se prezintă într-o formă îmbunătățită față de originalul din 1928—1934.*

*Ca și* Ioan Grințescu *la timpul său, autorii acestui tratat s-au străduit să aducă în fața cititorului noile probleme ale botanicii fundamentale și aplicate. Pentru cei care doresc să aprofundeze anumite aspecte s-a dat la finele cărții o bibliografie selectivă.*

*Referitor la terminologie și etimologie, s-au utilizat cele introduse de către* Ioan Grințescu, *încetățenite deja în literatura românească de specialitate la care s-au adăugat termenii noi intrați în circuitul științific, adoptați în ultimul timp.*

*Majoritatea figurilor aparțin lucrării originale a lui* Ioan Grințescu. *La acestea se mai adaugă figuri originale sau selectate din literatura actuală de specialitate.*

*Autorii acestei cărți vor fi mulțumiți dacă vor fi izbutit să repună în circulație cea mai mare parte din informația științifică strînsă de* Ioan Grințescu, *dar îmbogățită și actualizată.*

*Pentru a răspunde într-o mai mare măsură solicitărilor din domeniul biologiei vegetale contemporane, următoarea ediție va trebui să cuprindă și noțiuni de fiziologie, genetică, taxonomie etc.*

*Noua ediție pe care o prezentăm implică în mod necesar, cel puțin, o cunoaștere succintă a vieții și operei celebrului botanist* Ioan Grințescu *de la nașterea căruia s-au împlinit recent 110 ani.*

*București — Cluj-Napoca — Iași*

***AUTORII***

©RedAbelia 2013

# VIAȚA ȘI OPERA LUI IOAN GRINȚESCU

În anul 1919, de îndată ce a fost înființată „Universitatea Daciei Superioare" din Cluj, au fost invitați să contribuie la dezvoltarea multilaterală a acestui așezământ educațional, științific și cultural din Transilvania, profesori și savanți din toate provinciile românești. La Facultatea de științe, secția de științe naturale, pentru predarea cursului de botanică generală și fiziologia plantelor, a fost chemat cunoscutul botanist *Ioan Grințescu* (1874—1963).

*Ioan Grințescu* s-a născut la Broștenii Neamțului, în 13/26 ianuarie 1874, comună din care era de altfel originară familia Grințeștilor. În 1878 tatăl său a fost numit director al școlii din Petricani. Aici, viitorul botanist a urmat cursurile învățământului primar, iar gimnaziul l-a frecventat și l-a absolvit la Piatra Neamț.

Resursele materiale ale părinților săi erau modeste; ca atare *Ioan Grințescu* a fost nevoit să se angajeze ca farmacist practician la farmacia lui Lascăr Vorel din Piatra Neamț și să termine ca elev particular studiile liceale. Stagiul în farmacie a avut o deosebită influență asupra dezvoltării tînărului.

La vîrsta de 20 de ani, în 1895, *I. Grințescu* se înscrie ca student la Școala superioară de farmacie a Facultății de medicină din București, avîndu-l ca profesor de botanică pe *D. Grecescu*. În anul următor, prin ajutorul acordat de o rudă mai înstărită, își continuă studiile la Universitatea din Geneva. Deosebita lui pasiune pentru botanică, îmbinată cu o vie inteligență și o deosebită putere de muncă, l-a determinat pe profesorul *R. Chodat* să-l angajeze asistent la Institutul botanic din Geneva, pe care îl conducea. În 1898 obține diploma de farmacist a Universității din Geneva, iar în 1900 licența în științe fizice și naturale.

În Geneva, sub îndrumarea lui *R. Chodat*, tînărul *I. Grințescu* și-a susținut teza de doctorat (1902) despre morfologia și fiziologia algei *Scenedesmus acutus* Meyen. Lucrarea este de tip monografic, ocupîndu-se atît de aspectul clasic, morfologic, al biologiei algei, cît mai ales de însemnătatea condițiilor de mediu în dezvoltare și morfogeneză.

În anul următor, în 1903, tînărului doctor i se conferă titlul de docent și i se încredințează totodată predarea unui curs de specializare despre biologia algelor verzi.

Numele lui *I. Grințescu* devine cunoscut în lumea specialiștilor în urma publicării unei lucrări monografice privind biologia algei *Chlorella vulgaris*, în care stabilește că planta este un taxon de sine stătător și că poate fi cultivată în bune condițiuni pe medii nutritive.

Figurile originale care reprezintă alga *Chlorella* au fost preluate, de diferiți autori, în mari tratate de specialitate fiind pînă în zilele noastre ilustrații de referință.



CC-BY-NC-ND Academia 2013

Pentru prima dată în lume, împreună cu *R. Chodat*, pune la punct tehnica culturilor pure de alge, pornind de la o singură celulă, deschizînd un nou cîmp de cercetare în botanica teoretică şi aplicată.

În perioada geneveză *I. Grinţescu* face cunoştinţă şi se împrieteneşte cu binecunoscutul taxonomist şi nomenclaturist *John Briquet* (1870—1931). Prin mijlocirea acestuia are prilejul să studieze bogatul ierbar şi biblioteca existentă la Institutul botanic din Geneva. Pe baza materialului propriu adunat din ţară şi a pieselor de ierbar din întreaga lume, conservate la Geneva, *I. Grinţescu* întreprinde un studiu sistematic asupra genului *Astrantia*.

Deşi departe de ţară, lui *I. Grinţescu* nu i-au rămas indiferente mişcările sociale din patrie. Cunoştea încă din copilărie situaţia mai mult decît jalnică a ţăranului român. De aceea cu prilejul răscoalelor din 1907 el a informat opinia publică mondială despre stările de fapt de la noi publicînd în „Journal de Genève" (1907) un articol dedicat obiditului truditor de pe ogor.

După 15 ani petrecuţi în Geneva, *I. Grinţescu* s-a întors în patrie, în 1911, fiind numit profesor de botanică, geologie şi mineralogie la Şcoala superioară de agricultură de la Herăstrău (Bucureşti).

În anul 1913, iar apoi în timpul primului război mondial (1916—1919), a fost obligat să părăsească învăţămîntul pentru a se înrola în armată cu gradul de căpitan farmacist. În această calitate i s-a ordonat să plece în Anglia pentru a procura şi trimite în ţară materialul sanitar necesar armatei române.

După terminarea războiului *I. Grinţescu* a fost numit, în 1919, profesor de anatomie şi fiziologie vegetală şi totodată directorul Institutului de botanică generală de la „Universitatea Daciei Superioare" din Cluj.

Activitatea lui *I. Grinţescu* la Cluj a fost una dintre cele mai rodnice. Lui i s-a încredinţat misiunea de a organiza, în cadrul secţiei de ştiinţe naturale a Facultăţii de ştiinţe, un laborator de fiziologia plantelor pentru studenţi şi altul destinat cercetărilor care urmau să fie făcute de cadrele didactice.

În etapa clujeană a activităţii sale, pe lîngă continuarea vechilor preocupări legate de cultivarea algelor pe medii artificiale, *I. Grinţescu* tipăreşte, între anii 1928 şi 1934, „Cursul de botanică generală", un excelent manual universitar care a contribuit la formarea mai multor generaţii de biologi din ţara noastră. Acest curs a fost alcătuit, în primul rînd, pentru studenţii de la facultăţile de ştiinţe, dar şi pentru cei de la şcolile superioare de agricultură şi silvicultură sau de la facultăţile de medicină şi farmacie.

O analiză detaliată a acestei enciclopedii botanice, premiată în 1934 de Academia Română cu premiul „Gheorghe Lazăr", ne dovedeşte atenţia pe care a acordat-o elaborării textului în cele mai neînsemnate amănunte ale sale. Termenii sînt cu grijă şi exact definiţi, iar etimologiile precizate pentru aproape fiecare dintre termenii tehnici utilizaţi. Structura cursului pe principalele capitole: organizarea generală a plantelor, celula vegetală, ţesuturi vegetale, istoricul celulei şi ţesuturilor, organografia, rădăcina, tulpina, frunza şi organele de reproducere, este similară celor mai de seamă tratate de botanică din literatura universală de specialitate. Tratatul lui *I. Grinţescu* a constituit şi constituie şi acum cel mai bogat compendiu de terminologie botanică modernă în limba română. El a imprimat anumite structuri în sistematizarea cunoştinţelor de citologie, anatomie şi morfologie vegetală în toate manualele de botanică publicate ulterior de alţi autori din ţara noastră.

*I. Grinţescu* a fost un foarte bun cunoscător al literaturii botanice internaţionale şi al principalelor direcţii în care se dezvolta botanica, mai cu seamă citologia vegetală. Cititorul de astăzi al tratatului lui *I. Grinţescu* va rămîne plăcut impresionat de atenţia pe care a acordat-o acest erudit botanist *ecologiei*, o disciplină a biologiei care în zilele noastre este chemată să restabilească echilibrul dintre om şi



©Biodiversitas 2013

natură, societate și biosferă. Observații similare se pot face în legătură cu prețioasele informații de citogenetică sau de evoluție a ciclurilor de viață la diferite grupe de plante. În bibliografia selectivă a „Cursului de botanică generală" a lui *I. Grințescu* se află citate principalele lucrări de citologie, citogenetică și biologie generală ale epocii. La toate acestea putem adăuga, fără a exagera, că aproape toți botaniștii din generația mai veche și mulți dintre cei din generația actuală își datorează cunoștințele de botanică generală, cuprinzătorului tratat elaborat de *I. Grințescu*, carte devenită astăzi o raritate bibliofilă.

În 1936, în urma pensionării profesorului *Em. Teodorescu* (1866—1949), de la catedra de anatomia și fiziologia plantelor a Universității din București, *I. Grințescu* a ocupat postul vacant, până în anul 1939, stabilindu-se în capitală.

Retragerea de la catedră nu a constituit pentru *I. Grințescu* o întrerupere a activității sale științifice. În cursul anilor a mai publicat numeroase lucrări, îndeosebi în periodicele academiei. Avînd o experiență bogată și fiind încă în plină putere de muncă a fost invitat să participe la redactarea operei colective „Flora Republicii (Populare) Socialiste România", Vol. I, III, V, VI, VII, VIII, IX, X*.

S-a stins din viață în ziua de 1 iulie 1963, la vîrsta de 89 de ani.

Prin munca sa neobosită și metodică I. G r i n ț e s c u rămîne în istoria botanicii românești, savantul deschizător de drum și creator de școală în domeniul algologiei, botanistul multilateral, care cu o inegalată măestrie a reușit să cuprindă cele mai diferite domenii ale botanicii teoretice și aplicate, profesorul cu calități deosebite în instruirea studenților.

* V. și *Tr. Ștefureac* în Com. de botanică, t. 7, 1968

BCU Cluj / Central University Library Cluj

# INTRODUCERE

## Definiţii generale

**Biologia generală** (gr. *bios* = viaţă; *logos* = vorbire, în sensul modern ştiinţă), este ştiinţa care se ocupă cu studiul originii, organizării şi evoluţiei materiei vii (*N. Botnariuc*, 1979). Scopul acestei preocupări esenţiale este acela de a scoate în evidenţă originea, legile şi însuşirile generale ale structurii şi funcţionării sistemelor biologice, a relaţiilor dintre ele şi a evoluţiei lor.

Pe baza ansamblului de informaţii structurale, obţinute prin cercetarea organismelor la nivel celular, molecular, pînă la cel atomic s-au desprins din biologia generală discipline ca *biologia celulară* şi *biologia moleculară*. Scopul acestor discipline îl constituie studiul substratului material al vieţii, în toată complexitatea acestuia, la nivelul celular, respectiv molecular.

Principalele discipline biologice, după criteriul regnurilor recunoscute astăzi sînt: *botanica*, *zoologia*, *micologia* şi *microbiologia*.

**Botanica** (gr. *botane* = iarbă, plantă în general), ştiinţa care studiază plantele din toate punctele de vedere (morfologia şi anatomia, creşterea, dezvoltarea, reproducerea, evoluţia, clasificarea, răspîndirea, asocierea).

Pe baza însemnatelor progrese din secolul al XX-lea botanica s-a subdivizat în mai multe discipline cvasiindependente.

Tratatele de botanică generală contemporane prezintă cititorului felurite moduri de clasificare a disciplinelor care cercetează lumea plantelor. Deşi este foarte dificilă o clasificare a disciplinelor botanice, din lipsă de criterii ferme de separare, noi propunem o împărţire a domeniului botanic în: A. *ştiinţe despre individul vegetal* şi B. *ştiinţe despre comunităţile vegetale* (populaţii, fitocenoze etc.). La rîndul lor ştiinţele despre individul vegetal se pot subdivide după laturile realităţii supuse investigaţiei în: 1. *ştiinţe ale structurilor* şi 2. *ştiinţe ale funcţiilor*. Din categoria ştiinţelor despre individul vegetal — ştiinţe ale structurilor fac parte:

**Morfologia plantelor** (gr. *morfe* = formă; *logos* —), se ocupă de înfăţişarea externă a organismelor şi organelor vegetative; forma plantelor constituie, în ultimă esenţă, manifestarea integrală fenotipică a genotipului. Aspectul extern al organismelor este prima şi cea mai generală realitate despre o fiinţă pe care o percepem prin mijlocirea simţurilor noastre.

**Anatomia plantelor** (gr. *ana* = separat; *tomos* = tăiere, împreunate; *anatomo* = disecţie în sensul modern al cuvîntului) cercetează alcătuirea sau structura macro-, microscopică şi ultramicroscopică a organelor şi organismelor. Unele capitole ale anatomiei, cum sînt *citologia*, *embriologia*, prin amploarea cercetărilor fundamentale şi de importanţă practică s-au separat în discipline de sine stătătoare.

**Citologia** (gr. *kytos* = cutie, cavitate, vas; *logos*—), se ocupă cu studiul structurii şi ultrastructurii celulei şi a organitelor sale.



©RedAberia 2013

**Embriologia** (gr. *embryon* = embrion; *logos*—), se ocupă cu studiul mecanismelor particulare și generale care stau la baza dezvoltării embrionare și a desfășurării proceselor ontogenetice.

Din cea de a doua categorie, de științe ale funcțiilor fac parte:

**Fiziologia plantelor** (gr. *physis* = natură sau *physiologia* = cercetarea, știința naturii; *logos*-). studiază totalitatea fenomenelor vitale, sub raport dinamic și totodată comparativ, ce se desfășoară în interiorul organismelor vegetale. Procesele vitale sînt studiate în legătura lor reciprocă cu mediul înconjurător, în dinamica lor și sub aspectul lor evolutiv.

**Fitopatologia** (gr. *phyton* = plantă; *pathos* = suferință; *logos*-), investighează bolile plantelor sub raportul cauzelor (agenților) care le provoacă și a răspunsului organismului vegetal atacat (latura fiziologică a reacției).

**Fitochimia** (gr. *chemia* = a preface; sau arabul *kimiya* = alchimie, în sensul modern, chimie), se ocupă cu studiul fenomenelor vitale în dinamica lor, utilizînd tehnicile de lucru ale chimiei.

**Genetica** (gr. *genesis* = naștere) se ocupă de cercetarea ereditații și variabilității caracterelor în succesiunea generațiilor. Este o știință interdisciplinară de sinteză, care pe baza informațiilor de citologie, embriologie, taxonomie, sistematică, biochimie, matematică etc. caută să explice ereditatea și variabilitatea organismelor.

Complexitatea aspectelor cuprinse în sfera de studiu a geneticii, în sensul general al noțiunii, a determinat diversificarea și concretizarea unor ramuri contemporane ale geneticii ca: *citogenetica, radiogenetica, genetica moleculară, genetica populațiilor, eredopatologia, tehnologia DNA recombinant.*

**Științele despre comunitățile vegetale**, au corespondențe și legături cu disciplinele angrenate în studiul individului vegetal. Din această categorie fac parte:

**Taxonomia** (gr. *taxis* = ordine, rînduială; *nomos* = lege, regulă), se ocupă cu studiul teoretic și practic al clasificării organismelor, prin clasificare înțelegîndu-se recunoașterea, descrierea exactă a speciilor și orînduirea acestora în taxoni, pe baza înrudirii dintre ele. „Deci taxonomia este știința principiilor clasificării" (*P. Bănărescu*, 1973),

**Sistematica** (gr. latinizat *systema* = sistem, mod de orînduire) se ocupă cu studiul științific, pe bază filogenetică, a organismelor în toată variabilitatea lor, ținînd seamă de totalitatea legăturilor biologice dintre ele. Scopul sistematicii este acela de a inventaria speciile de plante și de a le clasifica pe baze filogenetice. „Deci sistematica este clasificarea științifică a plantelor pe baza principiilor enunțate de taxonomie" (*P. Bănărescu*, 1973).

În ultimile decenii informațiile oferite de morfologie, anatomie, fiziologie, embriologie, genetică și alte discipline, au permis matematizarea taxonomiei și crearea unei ramuri speciale, foarte exacte, *taxonomia numerică*.

**Filogenia plantelor** (gr. *phylon* = rasă, trib; *genesis*-; *logos*-) investighează originea, descendența și procesul de evoluție istorică a speciilor și a altor grupe taxonomice, căutînd să stabilească raporturile de înrudire dintre acestea. Este o disciplină în strînsă contingență cu taxonomia și paleobotanica pe a căror date se sprijină.

**Ecologia plantelor** (gr. *oikos* = casă, *oikos* = casă, locuință; *logos*-). se ocupă cu studiul complex al relațiilor reciproce dintre organisme și mediu; ea ne relevă acomodările sau adaptările individilor și comunităților (populații din aceeași specie, asocieri de populații din specii diferite) la factorii de mediu constanți sau fluctuanți.

Dacă studiile se concentrează asupra individului avem de-a face cu *autecologia* (gr. *autos* = însuşi; *oikos-*; *logos-*). iar dacă ele se referă la populaţiile uneia sau mai multor specii, vorbim de *sinecologie* (gr. *syn* = împreună; *oikos-*; *logos-*). În cazul cînd cercetarea ecologică, în special autecologică, se face împreună cu o investigaţie complexă fiziologică, în condiţii naturale, se vorbeşte de *ecofiziologie*.

Alte ramuri ale ecologiei vegetale sînt: *fitosociologia* (fitocenologia) şi *geobotanica*.

**Fitosociologia** (gr. *phyton-*; lat. *socius* = asociat, ori gr. *koinos* = în comun, dacă ne referim la sinonimul *fitocenologie*), se ocupă de studiul complex al fitocenozelor, al raporturilor lor cu mediul abiotic şi biotic, al răspîndirii, tipizării şi clasificării lor, precum şi de elaborare a principiilor şi procedeelor de folosire raţională şi conservare a fitocenozelor (*Doina Ivan*, 1979).

**Geobotanica** (gr. *ge*, *gaia* = pămînt, sol; *botane-*) studiază învelişul vegetal în întregime, relevînd structura asociaţiilor, legile de răspîndire ale speciilor vegetale şi asociaţiilor, precum şi raporturile care se stabilesc între vegetaţie, sol şi ceilalţi factori ai mediului.

**Fitogeografia** (gr. *phyton-*; *ge*, *geon*, *gaia-*; *graphein* = scriere) examinează distribuţia prezentă şi trecută în spaţiu şi timp a speciilor de plante şi a comunităţilor pe care acestea le alcătuiesc în toate zonele globului. În accepţiunea contemporană este o ştiinţă interdisciplinară care, pe baza informaţiilor de taxonomie, filogenie, ecofiziologie, paleobotanică, geologie şi geografie caută să stabilească multitudinea cauzelor care au determinat evoluţia arealelor şi florelor, precum şi închegarea formaţiunilor vegetale. n capitol al fitogeografiei este *floristica*; ea se ocupă cu studiul florelor, adică cu toate plantele care cresc într-o anumită regiune geografică. Sub denumirea de „floră" se poate înţelege atît lista de plante a unei regiuni, cît şi titlul unor lucrări cu caracter floristic.

**Paleobotanica** (gr. *palaios* = vechi, ancestral; *botane-*), disciplină dedicată cercetării multilaterale a resturilor vegetale fosile provenite din toate erele geologice.

## Tehnici de cercetare în botanică

Fenomenele biologice, deci cele legate de viaţa plantelor, sînt studiate prin mai multe procedee, care în principiu se pot clasifica în două categorii: *observaţia* şi *experimentarea*.

1. *Observaţia*, nu necesită totdeauna intervenţia cercetătorului asupra obiectului studiat. În consecinţă, obiectul investigaţiei nu este modificat. Observaţia poate să fie făcută fără ajutorul unui instrument optic sau prin mijlocirea unor instrumente optice măritoare.

Observaţia trebuie să fie exactă, completă şi fără idei preconcepute.

2. *Experimentarea*, reclamă o investigaţie complexă şi variată care include, cu absolută necesitate, intervenţia cercetătorului asupra obiectului studiat. Tehnicile experimentale se bazează, parţial sau total, pe norme şi procedee utilizate în fizică, chimie, de accea se cere ca investigatorul în domeniile botanicii experimentale să cunoască perfect principiile fundamentale ale acestor ştiinţe particulare ale naturii.

Rezultatele observaţiilor simple, precum şi ale cercetării experimentale, pentru a poseda precizia necesară şi a se bucura de recunoaşterea ştiinţifică trebuie să se fundamenteze pe măsurători exacte, de regulă exprimate în unităţi ale sistemului metric acceptat de forurile internaţionale.

După ce materialul vegetal a fost observat și analizat în condiții naturale sau experimentale, este necesar să se stabilească semnificația și legăturile dintre datele înregistrate și cele existente în literatura de specialitate. În urma acestei confruntări se elaborează o *ipoteză* care trebuie să concorde cu materialul faptic, să fie principial verificabilă și să explice o sferă cît mai mare de fapte. Dacă ipoteza este verificată experimental ea se transformă într-o cunoștință certă, într-o *teorie* științifică.

CAPITOLUL I

# 1. CITOLOGIA

„Ceea ce pentru chimist înseamnă atomii, pentru biolog, elementele din care sînt alcătuite organismele vii şi cu care avem prin urmare de-a face, sînt celulele. O celulă într-adevăr viabilă nu permite mai departe dezintegrarea fără o nimicire în egală măsură a vieţii" (*M. Hartmann*, 1933, 1953).

## 1.1. Structura celulară

Inventarea microscopului la începutul secolului al XVII-lea, de regulă atribuită olandezilor *Hans* şi *Zacharias Janssen*, a dat ocazia fizicianului englez *Robert Hooke* (1635—1703), să-l introducă, după ce i-a adus cîteva perfecţionări, în cercetarea ştiinţifică a obiectelor mici. În 1665, *R. Hooke* a publicat, la Londra, celebra sa „*Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifyng glasses*" (Royal Society*), în care se află prima *descriere a celulei*. În observaţia nr. 18 din cartea sa intitulată: „Despre schematismul sau structura plutei şi despre celulele şi porii în alte corpuri de asemenea poroase" *R. Hooke* a arătat că „substanţa plutei este în general umplută cu aer, că acest aer este complet închis în *cutii mici sau celule, separate unele de altele*".

Într-adevăr, observînd la microscop o secţiune din oricare organ al unei plante (rădăcină, tulpină şi frunză) vom găsi că toate constau dintr-o mulţime de cămăruţe (fig. 1), de regulă strîns lipite între ele, cărora *R. Hooke* le-a dat denumirea

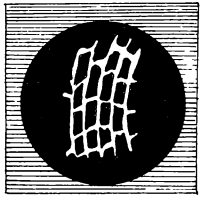


Fig. 1. Imaginea secţiunii prin dopul de plută observată de R. Hooke (1665) (d. I. Grinţescu).

* Literatura de specialitate consemnează tipărirea primei ediţii în 1665 şi o retipărire în 1667. Mai există o retipărire din 1745 şi o a treia ediţie din 1780. Pentru acest motiv în unele manuale de citologie descoperirea celulei este datată în 1665 (*I. N. Zhinkin şi P. P. Rumyantsev*, 1965), iar în altele — 1667 *A. Frey-Wyssling şi K. Mühlethaler*, 1965; *I. Grinţescu*, 1928—1934 ş.a.).

de *celule* (lat. *cella* = cămară, compartiment, căsuță, celulă de fagure). Între felul în care au conceput celula *R. Hooke*, ca și *Marcello Malpighi* (1628—1694) în „*Anatome plantarum*" Londra (1672—1675) și *Nehemiah Grew* (1641—1712) în „*Anatomy of Plants*" (Londra, 1682) și modul în care ea este înțeleasă astăzi, după dezvoltarea biologiei celulare și a biologiei moleculare prin investigațiile electronomicroscopice, există o mare diferență. Primii observatori ai structurii plantelor, cu excepția lui *N. Grew*, credeau că plantele posedă o structură poroasă iar celulele constituie porii acestei texturi. Astăzi, celula este considerată unitatea structurală fundamentală a organismelor și a vieții.

Ramura biologici care se ocupă cu studiul celulei, din toate punctele de vedere, se numește *citologie*.

Pînă acum trei decenii citologia era tratată ca o disciplină prin excelență morfologică, capabilă să descifreze nu numai structurile celulare, ci și complicatele funcții îndeplinite de aceste structuri.

Ordinul de mărimi în care se situează dimensiunile obiectelor studiate de citologie reiese clar din tabelul I al sistemului ierarhic de elemente structurale, alcătuit de *A. Frey-Wyssling* și *K. Mühlethaler* (1965). Se constată că citologia clasică nu a putut studia obiecte mai mici decît lungimea de undă a luminii vizibile; deci s-a extins pînă la limita puterii de rezoluție a microscopului optic (tabelul I).

*Tabelul I*

**Sistemul ierarhic al elementelor structurale**
(după *A. Frey-Wyssling* și *K. Mühlethaler*, 1965)

| Ierarhia morfologică | | Mijloc de cercetare | Scară | Ordinea dimensiunilor |
|---|---|---|---|---|
| obiect | disciplină | | | |
| organe | organografie | ochiul, lupa | milimetri | >0,1 mm |
| țesuturi | histologie | microscopul optic | micrometri sau microni | >1 μm |
| celule | citologie | imersie, contrast de fază și microscopie în ultraviolet | lungimea de undă a luminii | >0,1 μm |
| ultrastructuri | morfologie ultrastructurală | microscopie electronică | nanometri | <10 nm sau 100 Å |
| structuri moleculare | chimie structurală | analiză roentgenostructurală | lungimea de undă a razelor X sau roentgen | >1 Å |

Prin microscopia electronică limitele citologiei au fost împinse pînă la obiecte de cîțiva Å*.

## 1.2. Teoria celulară — celula unitate elementară a vieții

Între secolul al XVII-lea și al XIX-lea nu s-au obținut progrese remarcabile în cunoașterea celulei vegetale și animale, fiindcă microscopul, instrumentul cu ajutorul căruia ele puteau fi studiate, nu fusese perfecționat îndeajuns. În această perioadă, investigarea celulei s-a oprit la descrierea peretelui celular, singurul element accesibil observației la nivelul tehnicii acelei epoci. Conținutul celular a început să atragă atenția mult mai tîrziu, abia după ce botanistul englez *Robert Brown* (1773—1858) a descris, în 1833, nucleul celular, iar *Felix Dujardin* (1801

* Å = Angström = unitate de măsură pentru lungime; 1 Å = 0,1 nm sau $10^{-10}$ m.

—1860), în 1835, *Johannes Evangelista Purkinje* (1787—1869), în 1839 și *Hugo von Mohl* (1805—1872), în 1846, au observat „*fluidul*" întern al celulei, pe care ultimul dintre ei (vezi *E. Pop*, 1946) l-a denumit „*protoplasmă*" (gr. *protos* = primul; *plasma* = modelare, plăsmuire). În aceeași perioadă (1838—1839), botanistul *Mathias Schleiden* (1804—1881) și zoologul *Theodor Schwann* (1810—1882) au ajuns la concluzia că toate organismele, fără excepție, sînt alcătuite din celule. Pe baza observațiilor au fundamentat, în biologie, așa-numita „*teorie celulară*" conform căreia: 1) celulele sînt unitățile elementare ale vieții; 2) celulele diferitelor organisme sînt omoloage în ceea ce privește structura lor; 3) înmulțirea celulelor are loc pornindu-se de la o celulă inițială și 4) organismul pluricelular constituie un ansamblu de celule complex, reunind într-un întreg sistemul țesuturi și organe conexate între ele prin multiple procese de reglare intercelulară.

Studiile întreprinse ulterior (1858) de anatomo-patologul *Rudolf Virchow* (1821—1902) au dovedit că „*celula este ultimul element morfologic al tuturor corpurilor vii și noi nu avem dreptul să căutăm activitatea vitală reală în afara ei*". Urmărind mai îndeaproape modul de înmulțire a celulelor, *R. Virchow* a observat că acestea nu se formează dintr-o materie difuză, precelulară, cum credeau *T. Schwann* și *M. Schleiden*, ci din celule preexistente. *R. Virchow* a exprimat constatarea sa printr-un aforism consemnat în limba latină și devenit celebru în istoria biologiei celulare: *Omnis cellula e cellulae*, adică *orice celulă provine dintr-o altă celulă*. Progresul științific înregistrat de elaborarea acestei teorii a fost extraordinar, iar limitările sale filozofice au fost corectate de progresele științei în secolul XX.

## 1.3. Tipuri de celule vegetale (forma și mărimea lor)

Viețuitoarele cele mai simple au corpul format dintr-o singură celulă, de aceea se numesc *unicelulare* sau *monocelulare* spre deosebire de cele care se numesc *pluricelulare*, alcătuite dintr-o mulțime de celule diferențiate prin formă, structură și funcții. Organismul pluricelular poate fi considerat o vastă colonie sau asociație de unități elementare care constituie un sistem integral unic, bine închegat, funcționînd ca un tot unitar. Corespunzător grupelor mari de organisme, separate în *procariote* și *eucariote* de zoologul *Ed. Chatton* în 1925, biologia celulară contemporană distinge două tipuri principale de celule, în funcție de complexitatea lor structurală: 1) *celule procariote* (gr. *pro* = înainte, anterior; *karyon* = nucă, nucleu); înțelesul științific actual este de celule fără nucleu tipic, diferențiat, dar cu un echivalent al nucleului, numit *nucleoid* și 2) *celule eucariote* (gr. *eu* = bun, adevărat, veritabil, tipic; *karyon* -); înțelesul științific actual este de celule cu nucleu bine diferențiat numit și *veritabil* sau *tipic*.

**Celulele procariote** sînt proprii bacteriilor și algelor albastre-verzi*. Conform descoperirilor paleontologice din ultimul deceniu și a cercetărilor făcute cu ajutorul microscopului electronic, procariotele au apărut în precambrian, aproximativ acum 3—3,5 miliarde de ani.

Cele mai mici procariote cunoscute astăzi sînt *micoplasmele* (gr. *myke* = ciupercă; *plasma* -), organisme sferice, parazite, cu un diametru de 0,1—0,25 μm.

* În lucrarea sa „Reflexion sur la biologie et la philogénie de la Protozoaires" (1925) *Ed. Chatton* încadrează la procariote: „Cyanophycae, Bacteriacae și Spirochaetacae". Uneori spirochetele, care sînt bacterii, sînt confundate cu virușurile, din care motiv acestea din urmă sînt încadrate eronat la procariote.

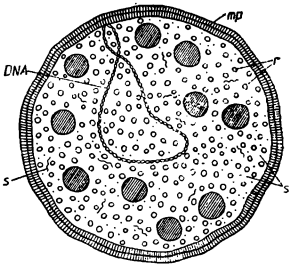



**Fig. 2.** Ultrastructura la microplasme: *mp* — membrană plasmatică (plasmalemă); *r* — ribozomi; *s* — substanțe filamentoase și granulare dizolvate (d. C.P. Swanson și P.L. Webster).

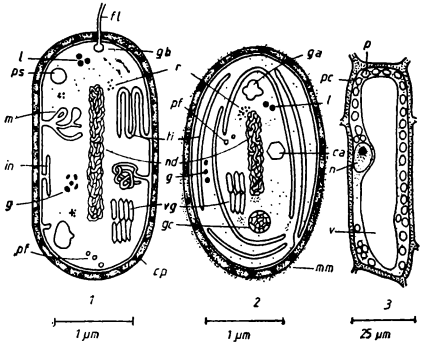



Fig. 3. Trepte de organizare la procariote:
*1* — bacterii; *2* — alge albastre; *3* — eucariote (celulă vegetală matură); *ca* — carboxizom; *cp* — capsulă; *fl* — flagel; *g* — granule de glicogen; *ga* — granule de acid poli-β-hidroxibutiric; *gb* — granul bazal; *gc* — granul de cianoficină; *in* — invaginații ale membranei; *l* — granule lipidice; *m* — mezozom; *mm* — strat mucilaginos; *n* — nucleu; *nd* — nucleoid; *p* — plastide; *pc* — perete celular; *pf* — granule polifosfatice; *ps* — granule polisulfidice; *r* — ribozomi; *li* — tilacoide lamelare și tubulare; *v* — vacuolă; *vg* — vacuole gazoase (d. E. Libbert).

Au fost descoperite cu ajutorul microscopului electronic. Structura lor (fig. 2) este redusă la membrana plasmatică, materialul genetic sub formă de dublă spirală, ribozomi și diferite substanțe dizolvate în citoplasmă.

**Celulele bacteriene sînt mai mari, avînd între zecimi de micrometri și cîțiva micrometri (microni) lungime (0,2—80 μm) și ceva mai puțin în lățime (fig. 3);**



CDeaLibris 2013

unele bacterii (cocci) au formă sferică. Ele sînt înconjurate atît de un perete celular mai solid, cît și de o membrană plasmatică.

În interiorul celulei bacteriene se pot deosebi cîteva elemente structurale ca: materialul genetic (acidul deoxiribonucleic = DNA) în așa numita zonă a nucleoidului, ribozomii și vacuolele (spații de regulă umplute cu substanțe solvite în apă). În cazul bacteriilor fotosintetizatoare, capabile să folosească energia luminii solare în sinteza substanțelor organice se pot observa diverse structuri lamelare și cromatofori. Unele celule bacteriene sînt prevăzute cu cili.

*Celulele* algelor *albastre-verzi* sînt mai mari decît celulele bacteriene. O celulă dintr-un filament de *Oscillatoria* sp. (v. fig. 3), de pildă, poate avea 1—2 μm lățime și 5 μm lungime; lungimea filamentului poate fi de pînă la 100 μm. Microscopia electronică a dezvăluit o structură suficient de complexă a celulelor de *Oscillatoria* și a altor alge albastre-verzi (*Cianobacterii*). Întregul filament de *Oscillatoria* este înconjurat de o teacă cu o textură fibrilară; fiecare celulă din filament este înconjurată de un perete celular format, în mare parte, din fibre celulozice. Conținutul viu al celulei este mărginit de o peliculă sau membrană plasmatică numită *plasmalema* (gr. *plasma-*; *lemma* = înveliș, piele). În interior se află: a) materialul genetic, DNA, sub formă de filamente, pus în evidență încă înaintea cercetărilor de microscopie electronică prin reacția nucleară sau coloratia Feulgen; el a fost adeseori, denumit *centroplasmă* sau *nucleoplasmă*, fiindcă nu constituie o formațiune morfologică organizată asemenea nucleului de la celulele eucariote; b) ribozomii; c) membranele fotosintetizatoare; d) structuri cristaline granulare; e) paracromatofori; f) corpusculi echivalenți mitocondriilor; g) granule de volutină (substanțe de rezervă din grupa polifosfaților); h) vacuole cu gaze și i) corpusculi cu natură necunoscută.

**Celulele vegetale eucariote.** Un tip aparte de celulă eucariotă este *celoblastul* (gr. *koilos* = găunos; *blastos* = germen, vlăstar), specific unor alge și ciuperci. Celoblastul se socotește a fi un organism intermediar între monocelulare și pluricelulare. În esență, celoblastul pare a fi o singură celulă cu mai multe nuclee. Exemple: *plasmodiul* sau corpul vegetativ al mixomicetelor (gr. *myxa* = mucozitate; *myke-*) *Fuligo varians*, *Aethalium septicum* ș.a., miceliul sau corpul mucegaiului alb (*Mucor mucedo*), talul sau corpul algelor *Botrydium granulatum*, *Caulerpa* sp. ș.a. (fig. 4).

Dimensiunile celoblastului pot fi de ordinul milimetrilor (2 mm la *Botrydium* sp.) sau chiar de cel al cm (30 cm la *Fuligo* sp.; 100 cm *Caulerpa* sp.). S-a constatat că celoblastele se formează prin diviziunea repetată a nucleelor, dar secvența următoare a diviziunii celulare, apariția pereților celulozici separatori (plasmotomia) lipsește. Ia naștere astfel o singură celulă uriașă cu părți specializate; în cazul algelor, se poate vorbi de rizoizi, zone asimilatorii cu cloroplaste și „muguri". Se admite că în protoplasma neseparată de pereții celulozici fiecare nucleu influențează genetic și metabolic o zonă relativ bine conturată, căreia i s-a dat numele de *energidă* (gr. *enereia* = forță). Celula plurinucleară obținută, celoblastul, adeseori se numește *polienergidă* (gr. *polis* = mult, bogat, numeros; *enereia-*).

Tipul normal de celulă eucariotă se recunoaște, în microscopia optică înainte de toate, prin prezența în protoplasmă a unui singur nucleu. Protoplasma este înconjurată de un perete celular solid, format din fibre de celuloză și alte substanțe. Limita protoplasmei vii o constituie plasmalema. În interiorul protoplasmei se mai pot distinge cloroplastele (sau alte tipuri de plastide), sferozomii, mitocondriile și vacuolele. În baza elementelor enumerate, *celula vegetală eucariotă poate fi definită ca* o picătură de protoplasmă care include în ea un nucleu și manifestă însușirile vieții.

*Forma* celulelor eucariote, înțeleasă drept o configurație spațială geometric definită, variază de la un organ la altul, de la o specie la alta, în dependență de funcțiile fiziologice pe care le îndeplinește și de topografia ei în organul respectiv.



CoolLibris 2013

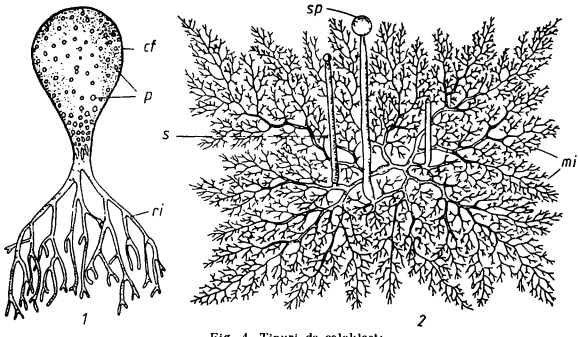



Fig. 4. Tipuri de celoblast:
*1 — Botrydium granulatum; 2 — Mucor mucedo; cf* — corp fotosintetizator; *mi* — miceliu; *p* — plastide; *ri* — rizoizi; *s* — sporangiofor; *sp* — sporange (d. I. Grinţescu).

În cazul organismelor monocelulare, de exemplu: *Chlorella vulgaris* (fig. 5) dintre *Chlorococcales* (alge verzi) sau drojdia de bere *Saccharomyces cerevisiae*, celulele libere sînt de formă sferică, în primul caz şi ovală, în cel de al doilea. Această formă corespunde picăturilor unui lichid şi a fost determinată, selecţionată şi înscrisă în informaţia ereditară, în etapele timpurii ale evoluţiei vieţii, prin acţiunea permanentă a unor forţe fizice din interiorul şi exteriorul organismelor în cauză. Diametrul unor astfel de celule poate fi cuprins între 5 şi 20 μm. În cazul plantelor pluricelulare, forma celulelor diferă foarte mult, putînd fi: sferică, ovală, cilindrică, prismatică, tabelară poliedrică sau chiar stelată. În pofida varietăţii amintite, celulele plantelor pluricelulare pot fi subîmpărţite în două grupe mari: a) *celule parenchimatice* (gr. *para* = de lîngă; *enchyma* = umplutură), a căror lungime şi lăţime sînt aproximativ egale, iar capetele lor sînt rotunde sau teşite, şi b) *celule prosenchimatice* (gr. *pros*=către; *enchyma*-), a căror lungime este de cîteva ori mai mare decît lăţimea, iar capetele celulelor adesea sînt alungite şi ascuţite. Diferenţa dintre cele două tipuri de celule apare numai în secţiunile longitudinale ale organelor.

Dimensiunile celulelor eucariote ale organismului vegetal pluricelular sînt extrem de variate (tabelul II).

Particularităţile diferenţiale ale celor două tipuri de celule, procariote şi eucariote au fost grupate în tabelul III.

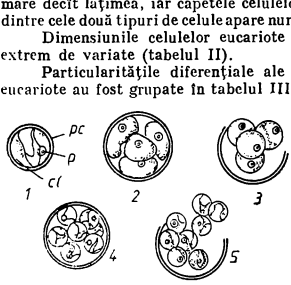



Fig. 5. *Chlorella vulgaris*:
*1* — celulă vegetativă; *2—5* — formarea aplanosporilor: *cl* — cloroplast (cromatofor); *p* — pirenoid; *pc* — perete celular (d. I. Grinţescu).



ProAnima 2013

*Tabelul II*

**Dimensiuni de celule**
(după *D. von Denffer*, 1962)
*Plante superioare*

| | |
|---|---|
| *Boehmeria nivea*, fibre, Lg | 250—550 mm |
| *Urtica dioica*, fibre, Lg | 50—75 mm |
| *Linum usitatissimum*, fibre, Lg | 40—65 mm |
| *Musa* sp., traheide, Lg | 8—10 mm |
| *Vinca minor*, fibre, Lg | 1—2 mm |
| *Pinus sylvestris*, traheide, Lg | 1—2 mm |
| *Sambucus* sp., parenchim medular, Lt | 0,2 mm (200 μm) |
| *Rosa* sp., celule epidermale, Lt | 0,04 mm (40 μm) |
| *Alge* | |
| *Chara* sp., celule internodale, Lg | 40—80 mm |
| *Acetabularia* sp., Lg | 50—60 mm |
| *Chlamydomonas* sp., Lt | 0,02 mm (20 μm |
| *Chlorella vulgaris*, Lt | 0,01 mm (10 μm) |

Lg = lungime; Lt = lățime

*Tabelul III*

**Caracterele distinctive ale celulelor procariote și eucariote**
(după *C. P. Swanson* și *P. L. Webster*, 1977 modif.)

| Caractere | Celule procariote | Celule eucariote |
|---|---|---|
| Membrană plasmatică | există | există |
| Membrană nucleară | nu există | există |
| Nucleu | netipic numit nucleoid | tipic cu nucleol |
| Mitocondrii | nu există | există |
| Reticul endoplasmatic | nu există | există |
| Aparat Golgi | nu există | există |
| Ribozomi | există (70 S) | există (80 S) |
| Perete celular | există; format din mureină; uneori acizi teihoici și diaminopimelici | lipsește la celula animală, la plante constă preponderent din celuloză |
| Capsulă | dacă există, e formată din mucopolizaharide | nu există |
| Vacuolă | nu există | există la plante |
| Lizozomi | nu există | există |
| Cromozomi | unic, circular format numai din DNA | Număr constant de cromozomi pentru fiecare specie, alcătuiți din DNA + histone |
| Aparat fotosintetic | membrane cu clorofilă *a* și ficocianină la algele albastre-verzi și bacterioclorofilă la bacterii | cloroplaste care conțin clorofila *a* și *b* |
| Cili (flageli) | există la unele specii, dar nu au structură (9+2) | există la unele specii și au structură (9+2) |
| Diviziunea | simplă | mitoză (se formează fusul de diviziune cu microtubuli) |
| Reproducerea sexuată | nu există; excepțional prin parasexualitate | există; gameții sînt precedați de meioză (animale) și de două mitoze postmeiotice (marea majoritate a plantelor) |

## 1.4. Structura și funcțiile celulei vegetale eucariote

**Celula vegetală eucariotă** este alcătuită din două mari categorii de componente: protoplasmatice (euplasmatice) și neprotoplasmatice; ele formează împreună protoplastul (conținutul viu și neviu al celulei). Din prima categorie de componente fac parte: citoplasma sau protoplasma, nucleul cu nucleolul, plastidele și așa numiții sferozomi.

La microscopul cu contrast de fază și la cel cu cimp întunecat se mai pot distinge în citoplasmă, mitocondriile, iar prin colorație vitală asociată cu plasmoliza, se pot evidenția în celula vie membranele plasmatice ale citoplasmei: *plasmalema* spre exterior și *tonoplastul* mărginind-o înspre vacuole.

În imaginea electronomicroscopică celula vegetală ne relevă următoarele structuri: *nucleul, nucleolul, membrana nucleară, cloroplastele* (și alte tipuri de plastide) cu dubla lor membrană, *mitocondriile, dictiozomii, ribozomii, reticulul endoplasmatic, microcorpii, vacuolele* și membranele plasmatice: *tonoplastul* și *plasmalema*, precum și alte structuri a căror funcție este încă puțin cunoscută. După statistica întocmită de *F. D. L. Clowes* și *B. E. Juniper* (1968), în urma cercetării a sute de microfotografii electronomicroscopice, o celulă vegetală eucariotă din frunză, de talie medie, este formată de regulă din: 1 nucleu, 20 plastide, 700 mitocondrii, 400 dictiosomi, 500 000 ribozomi, 500 000 000 sau chiar mai multe molecule de enzime (fig. 6).

**Citoplasma.** În literatura de specialitate preclectronomicroscopică, termenii de *citoplasmă* și *protoplasmă* se utilizau cu sensuri diferite.

După *Hugo von Mohl* (1846) protoplasma (gr. *protos-*; *plasma-*) era considerată ca reprezentînd întregul conținut viu al celulei, sau substanța vie în forma ei cea mai simplă (*Studnička*, 1937, *Weber*, 1936). În 1880 *Hanstein*, introduce termenul de *protoplast* (gr. *protos-*; *plastos* = modelat) pentru a desemna totalitatea componentelor conținute într-o celulă, sugerînd utilizarea lui în locul termenului de celulă. În 1962 *Kölliker* folosește termenul de *citoplasmă* (gr. *kytos-*; *plasma-*), pentru materialul care înconjură nucleul. *E. Strasburger* (1882) înțelege prin citoplasmă substanța fundamentală vie, fluidă sau viscoasă a celulei fără organitele sale vizibile la microscopul optic. În accepțiunea actuală, electronomicroscopică, *citoplasma* constă din *hialoplasmă* numită și *citoplasma fundamentală* sau matrice citoplasmatică (masă omogenă lichidă) și un sistem complex de membrane: plasmalema și tonoplastul, reticulul endoplasmatic (RE), aparatul Golgi ș.a.

Rezultă că citoplasma este o componentă complexă, care apare în celulele vii, transparentă și semifluidă. Mediul de bază îl constituie apa (85—95% din greutatea proaspătă) în care se află dispersate diferite substanțe organice și anorganice fie sub forma de soluții adevărate (săruri, hidrați de carbon ș.a.) fie în stare coloidală (proteine, grăsimi ș.a.). Substanțele menționate au un rol important în sintezele și transformările care se petrec în celulă.

**Plasmalema** (membrana plasmatică, membrana celulară). Existența celulei eucariote ca unitatea vie elementară a organismului, deci ca cel mai mic sistem care păstrează toate caracteristicile viului, este condiționată de delimitarea citoplasmei printr-o membrană plasmatică denumită *plasmalemă* (gr. *plasma-*; *lemma* = piele, înveliș). Înainte de vizualizarea sa cu ajutorul microscopului electronic, prezența plasmalemei s-a dedus din mai multe constatări privind permeabilitatea învelișului plasmatic al celulei pentru diferitele substanțe din soluțiile externe. Rolurile învelișurilor plasmatice, îndeosebi ale plasmalemei sînt multiple: a) permite schimbul de substanțe dintre celulă și mediul extern; procesul este multiplu reglat, cu cheltuială de energie metabolică, avînd ca rezultat selectivitatea în permeare, ceea

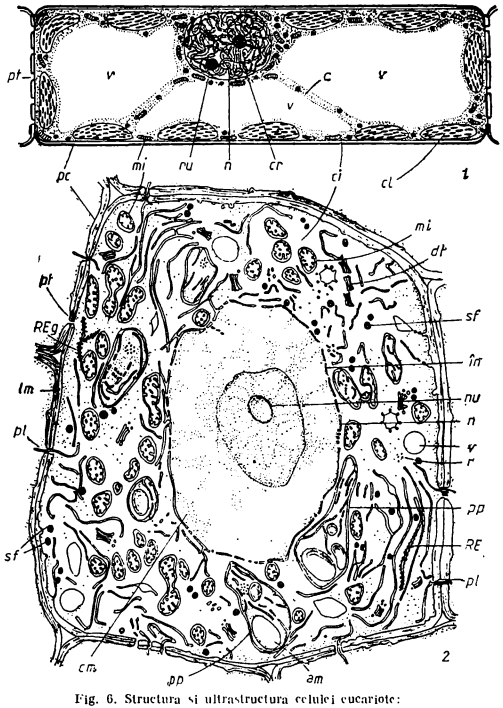



Fig. 6. Structura și ultrastructura celulei eucariote:
*1* — celulă matură din parenchimul asimilator, la microscopul optic (100 X); *2* — celulă meristematică, la microscopul electronic (10 0000 X): *am* — amidon; *c* — cordon citoplasmatic; *ci* — citoplasmă; *cl* — cloroplast; *cm* — cromatină; *cr* — cromozomi; *în* — învelis nuclear; *dt* — dictiozomi; *lm* — lamelă mijlocie; *mi* — mitocondrii; *n* — nucleu; *nu* — nucleol; *pc* — perete celular; *pl* — plasmodesme; *pp* — propiastide; *pt* — punctuațiuni; *RE* — reticul endoplasmatic; *REg* — reticul endoplasmatic granular; *r* — ribozomi; *sf* — sferozomi; *v* — vacuole (d. E. Strasburger).

ce depinde de dimensiunile moleculelor, de solubilitatea lor în apă sau în lipide, de încărcarea lor cu sarcini electrice; b) permite sau barează pătrunderea informațiilor din exterior în celulă; c) menține un contact strîns și direct cu celelalte unități vii învecinate, în cazul organismelor pluricelulare, iar cînd este vorba de orga-

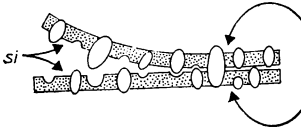



Fig. 7. Schema clivării şi decupării suprafeţelor interne şi externe ale plasmalemei prin crioclivaj şi criodecapaj: *se* — suprafeţe externe; *si* — suprafeţe interne (d. C. P. Swanson şi P.P. Webster).

nisme unicelulare ori de celulele izolate ale unei suspensii într-o cultură, participă la procesele de contact intercelular.

Cercetările electronomicroscopice în care s-au aplicat variate tehnici speciale (secţiuni ultrafine, în transmisie — adică secţiuni prin care traversează fasciculul de electroni — sau pe replici ale suprafeţelor membranelor celulare, obţinute prin tehnica criodecapajului „freeze-etching" — sau crioclivajului* — „freeze-cleavage") au demonstrat că *plasmalema este alcătuită din două straturi lipidice între care se află, dispuse în mozaic, moleculele de proteine, iar spre exterior, moleculele de glicoproteine.* Aşezarea exactă a acestor componenţi nu se poate deduce din imaginile electronomicroscopice obţinute prin transmisie. Se poate observa doar atît, că membrana plasmatică este formată din două straturi întunecate între care se află cuprins un strat luminos, transparent pentru fasciculul de electroni. Măsurătorile efectuate pe o serie de microfotografii obţinute prin transmisie au arătat că grosimea plasmalemei este în jur de 10 mm (100 Å) (*A. Frey-Wyssling* şi *K. Mühlethaler*, 1965). De fapt, grosimea variază în funcţie de natura chimică a fixatorului utilizat (*A. Kotyk* şi *K. Janacek*, 1977); folosind permanganat de potasiu, ea a fost de 9,6 nm (96 Å), iar cu tetraoxid de osmiu, de 9,3 nm (93 Å). Prin copierea negativelor (plăcilor), la mărirea imaginilor electronomicroscopice, sub diverse unghiuri, s-a reuşit să se pună în evidenţă existenţa unor granule în stratul întunecat şi prezenţa unor „elemente periferice" pe suprafeţele membranelor.

Tehnica criodecapajului („freeze-etching") şi a crioclivării („freeze-cleavage") au permis evidenţierea, pe feţele interne şi externe ale straturilor întunecate, a unor particule de diferite dimensiuni (fig. 7), despre care se presupune că ar fi proteine globulare, sau agregate de proteine, cuprinse în matricea lipidică a plasmalemei sau dispuse pe suprafaţa acesteia. (*C. P. Swanson* şi *P. L. Webster*, 1977).

Analiza chimică a preparatelor de membrane izolate a dovedit că într-adevăr membranele plasmatice sînt construite din proteine şi lipide (tabelul IV) în proporţie de aproximativ 95%.

Lipidele identificate în membrane fac preponderent parte dintre gliceride, fosfolipide, steroli, şi alte grăsimi. Proteinele constitutive ale membranelor plasmatice sînt foarte variate, între 30 şi 50 de tipuri proteice, avînd greutăţi moleculare cuprinse între 10 000—200 000. Lipidele au un rol structural destul de bine cunoscut în alcătuirea membranelor plasmatice. Ele consolidează stabilitatea fizicomecanică a plasmalemei şi îi conferă acesteia proprietăţi hidrofobe.

* Tehnicile de crioclivaj („freeze-cleavage") şi criodecapaj („freeze-etching") constau în îngheţarea rapidă a specimenelor în freon lichid răcit pînă la —150°C cu ajutorul azotului lichid. Apoi, blocurile de freon se transferă în azot lichid la —196°C. Tăierea se face cu o lamă ascuţită de brici provocînd fracturarea materialului îngheţat. Pe suprafeţele expuse în urma fracturării se depune prin metalizare o peliculă fină de metal (replica). Detaliile reliefului replicii se studiază în microscopia electronică prin reflexie.



©Predania 2013

*Tabelul IV*

**Cantitatea relativă de proteine şi lipide (în %) în diferite preparate de membrane**
(după *A. Kotyk* şi *K. Janacek*, 1977)

| Tipuri de preparate de membrane | Proteine | Lipide |
|---|---|---|
| Membranele plasmatice ale celulelor hepatice | 60 | 40 |
| Lamelele cloroplastelor (tilacoidele) | 45 | 55 |
| *Micrococcus lysodeicticus* | 50 | 28 |
| *Bacillus megaterium* | 68 | 20 |
| *Pseudomonas aeruginosa* | 60 | 35 |
| Bacterii halofile | 65 | 55 |
| Membrane plasmatice din drojdii | 46 | 38 |
| Membrane plasmatice din *Candida utilis* | 39 | 40 |

Datele din tabelul de mai sus demonstrează că există variaţii ale compoziţiei plasmalemei în funcţie de specie care pot fi puse în legătură cu activitatea specifică a diverselor organisme în procesele de absorbţie şi excreţie. În schimb, menirea diferitelor tipuri de proteine este mai puţin cunoscută. Despre unele se ştie că participă în transportul unor substanţe din exteriorul în interiorul celulei (absorbţie) şi invers (excreţie). Altele sînt responsabile de reacţia imună (recunoaşterea sau nerecunoaşterea corpurilor străine), receptînd „semnalele" hormonale şi antigenice. În fine, unele din proteinele plasmalemei se pare că participă la reacţii metabolice prin însuşirile lor enzimatice.

Pe baza datelor oferite de diverse tehnici de investigaţie (observaţii microscopice, cercetări privind permeabilitatea membranelor artificiale şi naturale, analize chimice), în cursul timpului au fost elaborate mai multe modele pentru membranele plasmatice. *A. Kotyk* şi *K. Janacek* (1977) enumeră 10 modele de structură presupuse pentru membranele plasmatice. Ele sînt, în esenţă, diverse variante ale aceluiaşi model (*H. Davson* şi *J. Danielli*, 1943) care, în ultimele trei decenii, a suferit unele modificări în dependenţă de noile informaţii obţinute pentru investigaţiile experimentale. În fig. 8 sînt redate schematic modelul iniţial al lui *H.*

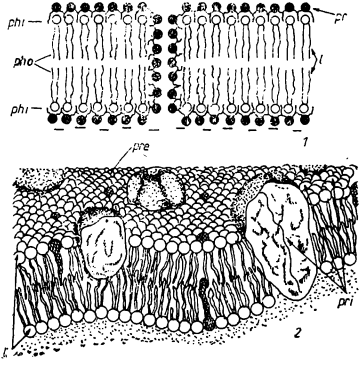



Fig. 8. Două modele generale comparative ale plasmalemei:
*1* — modelul *Davson-Danielli; 2* — *Singer-Nicolson: 1* — două straturi lipidice; *phi* — poli hidrofili; *pho* — poli hidrofobi; *pr* — strat de proteine; *pre* — proteine extrinseci; *pri* — proteine intrinseci (d. I. Diculescu şi colab.).

CoolAbuse 2013

*Davson* și *J. Danielli* (1943) și unul din modelele structurii membranei plasmatice a celulelor acceptat astăzi (*S. J. Singer* și *G. L. Nicolson*, 1972).

În conformitate cu actualele descoperiri și concepții, atît plasmalema, cît și alte membrane plasmatice, sînt formate din două straturi de lipide cărora li se asociază diferite tipuri de proteine. Dintre aceste proteine, astăzi sînt mai bine cunoscute: a) *proteinele integrale* (intrinseci) ale căror molecule străbat plasmalema de la citoplasmă pînă în exterior; se apreciază că ele formează 10% din suprafața membranei plasmatice și de fiecare moleculă de proteină integrală se leagă circa 600 molecule de lipide, din care 130 se află în strîns contact cu proteina; b) *proteinele periferice* (extrinseci) ale căror molecule mai mici ca dimensiuni sînt situate pe cele două suprafețe, internă și externă, ale membranei plasmatice; se afirmă că ele se distribuie pe circa 47% din aceste două suprafețe ale membranei, și c) *glicoproteidele* (proteine asociate cu zaharuri), în special d-galactoză și d-glucoză, din grupa cărora fac parte și așa numitele lecitine, responsabile de reacția imunitară la nivel celular; în general, glicoproteidele joacă rol de receptori ai suprafeței celulare pentru hormoni, antigeni, hemaglutinine și alte molecule „semnal"; ele pot să constituie pînă la 40% din suprafața membranei plasmatice.

Investigații chimice amănunțite efectuate asupra preparatelor de membrane au dovedit că, exceptînd proteinele integrale, natura celorlalte proteine de pe fața externă și internă a plasmalemei este întrucîtva diferită. Această diferență conferă membranei plasmatice o structură asimetrică, determinată de condițiile diferite ale interacțiunii membranei cu citoplasma din interior, respectiv cu mediul de la exteriorul celulei.

Proteinele, glicoproteidele și lipidele alcătuiesc în membranele plasmatice niște complexe, a căror integritate este esențială pentru funcțiile lor, mai ales în schimburile de substanțe și informații ale celulelor cu mediul exterior. *A. Frey-Wyssling* (1973) susține că structura complexelor lipo-proteice și glicoproteice din plasmalemă nu este statică, ci dimpotrivă, este *dinamică*, deoarece componentele sale se află într-o permanentă mobilitate, moleculele și agregatele supramoleculare fiind într-o continuă reînnoire. Membranele cu structura dinamică sînt capabile să îndeplinească mai rapid funcțiile lor esențiale: absorbția substanțelor din mediu, excreția și apărarea celulei vii de agenții dăunători din exterior.

Existența unei structuri dinamice a plasmalemei este dovedită de refacerea sa rapidă după vătămări mecanice sau în procesele de creștere. *A. Frey-Wyssling* (1948) a observat, de pildă, că filamentele staminale ale gramineelor pot să crească într-o oră de 65 de ori. Aceasta înseamnă că în fiecare minut suprafața plasmei din celulele filamentelor se dublează față de suprafața inițială. O astfel de creștere rapidă este posibilă numai dacă lipidele și proteinele constituente sînt sintetizate cu viteză mare, iar apoi sînt de îndată integrate în suprafețele nude ale celulelor, printre porțiunile mai vechi ale membranei celulare. *A. Frey-Wyssling* presupune că regenerarea rapidă a plasmalemei în timpul creșterii se face prin *intussusceptiune* (v. și pag. 44), adică prin intercalarea noilor molecule și structuri între cele deja existente.

**Plastidele** (gr. *plastidos* = formator) sînt organite celulare specifice regnului vegetal. Încă în secolul trecut *A. W. F. Schimper* (1883, 1885) și *E. Strasburger* (1884) le-au categorisit în trei grupe după culoarea pe care o prezintă: a) *cloroplaste*, de culoare verde, cu rol esențial în fotosinteză; b) *leucoplaste*, fără culoare, dar putînd să se coloreze ulterior prin înglobarea unui pigment și c) *cromoplaste*, de culori diferite, în funcție de natura pigmentului pe care îl conțin.

**Cloroplastul** (gr. *chloros* = verde ca iarba și *plastos*-), organit celular specific plantelor verzi, de o importanță covîrșitoare în sinteza substanței organice din dioxid de carbon și apă, cu ajutorul radiației solare vizibile și contribuția mai



©BCU Cluj 2013

puțin cunoscută a sărurilor minerale absorbite. Cloroplastul a fost descoperit în secolul trecut de *Hugo* von *Mohl* (1837) și descris mai amănunțit sub denumirea de „grăunciori plasmatici cu clorofilă" (1855).

Cercetările de microscopie electronică și de biochimie din ultimele trei decenii au relevat o structură complexă a cloroplastului, căreia îi corespunde, pe plan funcțional, multiplă reacții chimice care constituie procesul de fotosinteză.

La microscopul optic, cloroplastele din țesuturile palisadic și lacunos ale frunzelor ne apar sub formă de corpusculi verzi de regulă lenticulari, cu o lungime de 4—7 μm și lățime de 2—5 μm. Cloroplastele pot să aibă însă și alte forme: ovoidale, sferoidale, spiralate (cloroplastele de la mătasea broaștei — *Spirogyra* sp. — algă de apă dulce) sau felurite alte forme.

Cercetările întreprinse cu ajutorul microscopiei în ultraviolet de *W. Menke* și *E. Koydl* (1939), apoi de *W. Menke* (1940), anterior descoperirilor făcute prin microscopia electronică, au evidențiat în interiorul cloroplastelor „in vivo" o structură lamelară și niște grăunciori de clorofilă cu o densitate optică mai mare, așa numitele „grane", descrise de o serie de botaniști din secolul trecut (pentru detalii vezi *E. Küster*, 1956).

Microscopia electronică a relevat o mulțime de elemente în structura cloroplastului care nu puteau fi observate cu ajutorul microscopului optic (*K. M. Sytnik, L. I. Musatenko* și *T. L. Bogdanova*, 1978).

Cloroplastul (fig. 9) este un organit celular cvasiindependent, separat de citoplasmă printr-o membrană sau peliculă bistratificată (peristromiu). *A. Frey-Wyssling* (1973) presupune că anvelopa cloroplastului este înrudită, ca structură, funcție și origine, cu plasmalema. În cazul fixării celulelor cu aldehida glutarică, învelișul cloroplastului ne apare format din două straturi electrondense, întunecate prin coloranția cu acetat de uranil și citrat de plumb, cu o grosime de 5—7 nm (50—70 Å) fiecare, incluzînd între ele un strat mai transparent pentru fasciculul de electroni, care pe microfotografii apare în nuanțe alburii. Grosimea totală a acestei membrane este în jur de 20 nm (200 Å). Prin tehnica criodecapajului s-a constatat că anvelopa cloroplastului este străbătută de pori. Structura lor, precum și funcția pe care o îndeplinesc este încă, practic, necercetată, din pricina mai multor dificultăți de ordin tehnic. Învelișul cloroplastului generează excrescențe, a căror menire se presupune că ar fi realizarea contactelor dintre un cloroplast și celelalte organite celulare.

Interiorul cloroplastului este ocupat de *stroma* sau *matricea* cloroplastului în care se află cuprinse și alte formațiuni. Stroma este constituită din proteine sintetizate de ribozomii plastidiali. Aceștia din urmă se află într-un număr variabil în cloroplast, de la cîteva zeci pînă la zeci de mii. Ei se deosebesc de ribozomii citoplasmatici prin coeficientul diferit de sedimentare și prin cantitatea diferită de acid ribonucleic (RNA) (*N. M. Sissakian*, 1966). Toate cloroplastele conțin acid deoxiribonucleic (DNA) sub forma unei rețele de fire subțiri. Prezența DNA și RNA plastidal pledează pentru autonomia genetică parțială, uneori chiar totală, a cloroplastului.

În stroma cloroplastului se află incluse membranele fotosintetizatoare cu structură bilamelară. Sistemul de membrane constă din discuri circulare cu diametrul între 200—500 nm (2 000—5 000 Å) și grosimea de aproximativ 20 nm (200 Å). Discurile sînt grupate, de regulă, în coloane care constituie *grana* (lat. *granum* = grăuncior). Acestea nu sînt izolate, ci sînt legate între ele prin structuri membranare intergranale.

În literatura de specialitate, formațiunile membranare amintite mai sus poartă cel puțin două numiri acceptate: — membrancle granelor se numesc fie *lamelele discului* (*K. Mühlethaler*, 1955), fie *tilacoidele* (gr. *thylacos* = sac, prin extindere



Digitized 2013

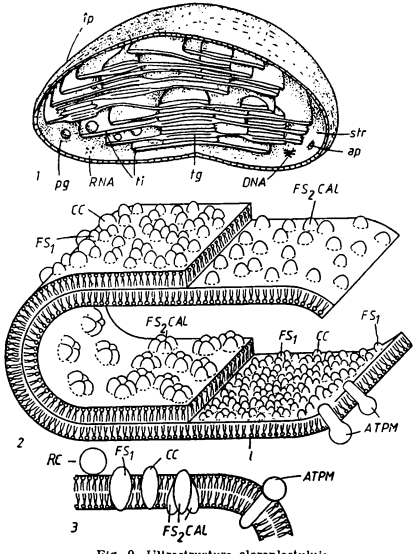



Fig. 9. Ultrastructura cloroplastului:
*1* — cloroplast în secțiune; *2* — membrană tilacoidală; *3* — aceeași în secțiune transversală: *cp* — amidon plastidial; *ATPM* — atepează membranară; *CAL* — complex de absorbție al luminii; *CC* — complex citocromic; $FS_1$, $FS_2$ — fotosistem 1 și 2; *ip* — înveliș plastidial; *l* — lipide; *pg* — plastoglobuli; *RC* — ribulozobifosfatcarboxilază; *str* — stromă; *tg* — tilacoide granare; *ti* — tilacoide integranare (d. E. Libbert).

vezicală) *granei* (*W. Menke*, 1962); — formațiunile intergranale poartă numele de *lamelele* sau *tilacoidele stromei*. În lucrările din ultimele două decenii denumirea de *tilacoide* este cel mai des folosită.

Imaginile obținute prin microscopia electronică în transmisie sugerează cîteva modele pentru dispunerea în spațiu a formațiunilor membranoase ale aparatului fotosintetizator, care așteaptă o confirmare și prin alte tehnici decît microscopia electronică.

Cercetările biochimice au demonstrat că diferite structuri ale cloroplastului îndeplinesc roluri fiziologice diferențiate. Captarea luminii solare și primele reacții ale fotosintezei, dependente de lumină, se petrec în formațiunile membranare ale cloroplastului, în tilacoidele granare și intergranare. În schimb, reacțiile fotosintezei care nu depind de lumină, așa numitele reacții de întuneric, se desfășoară în stromă.



©RedAthens 2013

Între specialiști s-a discutat dacă nu cumva tilacoidele posedă o structură intimă special adaptată captării luminii solare. Cercetările lui *R. Park* și *J. Biggins* (1964) au pus în evidență, prin tehnica crioclivării și criodecapajului, niște particule de 10 nm (100 Å) grosime, 15,5 nm (155 Å) lățime și 18,5 nm (185 Å) lungime. Aceste particule au fost numite *cuantozomi* și s-a presupus că în fiecare particulă este absorbită numai o cuantă de lumină. Alte investigații nu au confirmat existența acestor particule. După opiniile altor autori, membranele tilacoidelor ar fi formate dintr-un strat de lipide de 4 nm (40 Å) grosime, acoperite pe ambele fețe de proteine globulare, cu diametrul de 6 nm (60 Å). Pe fața externă, globulii sînt grupați cîte patru; pe fața internă, se pare că lipsește o astfel de grupare.

În interiorul cloroplastului se mai disting și alte formațiuni cum sînt: reticulul periferic, plastoglobulii și granule de amidon.

**Reticulul periferic** constituie o „dantelărie membranară" care înconjoară întregul cloroplast și, treptat, spre centru, trece în, sau se contopește cu tilacoidele intergranare și granare. Se presupune că reticulul periferic ar juca un rol important în transportul substanțelor spre interiorul cloroplastului și din interiorul acestuia spre exterior.

**Plastoglobulii** sînt formațiuni osmiofile, probabil de natură lipidică. Ei se află în cloroplast din faza de proplastid pînă la senescență, dar numărul lor pare să fie mai mare în cloroplastele bătrîne, pe cale de degenerare.

La lumină, cînd substanțele organice sintetizate în cloroplast depășesc posibilitățile cloroplastului de a le consuma sau de a le transmite total celorlalte formațiuni celulare, în cloroplast se formează *granule de amidon*. Ele sînt frecvente în a doua jumătate a zilei după ce fotosinteza a atins maxima intensitate, și sînt foarte puține sau chiar lipsesc dimineața, după ce respirația nocturnă a consumat o bună parte din rezerva de glucide. Mărimea și numărul granulelor de amidon într-un cloroplast sînt, prin urmare, variabile, în funcție de starea fiziologică a frunzei și a plantei în întregime.

În primordiile frunzelor și în alte organe care înverzesc, inițial nu se află cloroplaste, ci organite nediferențiate sau „particule inițiale" (proplastide) din care, sub influența luminii, se vor dezvolta ulterior plastidele (fig. 10). Dezvoltarea sau ontogenia cloroplastului poate evolua pe două căi: directă, în părțile plantelor expuse la lumină, și cea indirectă, cînd lumina pătrunde în primordii mai tîrziu. Mugurii aerieni au primordiile iluminate îndată ce au căzut solzii; în acest caz, din invaginațiile membranei protoplastidei se formează sistemul membranar intern al cloroplastului cu tilacoidele stromei și tilacoidele granare. În cazul mugurilor subterani, pînă la contactul frunzelor în creștere, cu lumina, în celulele țesuturilor asimilatoare (palisadic și lacunar) se formează, din invaginațiile membranei proplastidului vezicule care apoi generează un sistem de tuburi membranoase, numit *„corp prolamelar"*. La contactul cu lumina, corpul prolamelar generează grancle cu tilacoidele lor și tilacoidele intergranare.

Rareori, în frunzele tinere, s-a observat înmulțirea cloroplastelor prin diviziune (cloroplastotomie). Cloroplastele care prezintă acest proces se alungesc și se strangulează la mijloc, formînd două cloroplaste. Diviziunea cloroplastelor se petrece după desăvîrșirea dezvoltării lor ontogenetice.

**Leucoplastul.** Din proplastide se pot forma, îndeosebi în celulele organelor subpămîntene, leucoplastele (gr. *leukos* = alb; *plastos*-). Ele sînt observabile și în microscopia optică și se caracterizează prin faptul că sînt lipsite de culoare. În ele se pot acumula diferite substanțe de rezervă, în funcție de natura cărora au fost denumite diferențiat: *amiloplaste* (leucoplaste cu amidon), *proteinoplaste* (leucoplaste încărcate cu proteine), *elaioplastele* (leucoplaste care conțin grăsimi lichide).

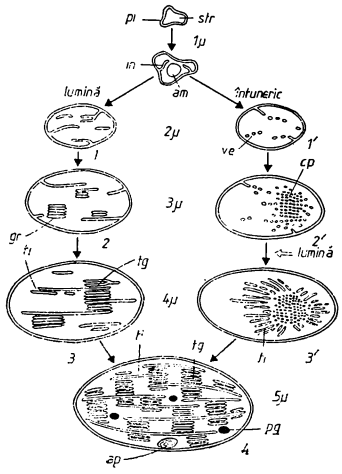



Fig. 10. Ontogeneza cloroplastului: *1* — formarea sistemului lamelar intern; *2* — *3* — stadii de formare ale cloroplastului; *1'* — *2'* — dezvoltarea cloroplastului la întuneric; *3'* — după iluminare; *4* — cloroplast complet dezvoltat; *am* — amidon; *ap* — amidon plastidial; *cp* — corp prolamelar; *gr* — grana; *in* — invaginații; *pg* — plastoglobuli; *pi* — particulă inițială; *str* — stromă; *tg* — tilacoide granare; *ti* — tilacoide intergranare; *ve* — vezicule membranare (d. K. Mühlethaler și A. Frey-Wyssling).

**Cromoplastul** (gr. *chroma* = culoare; *plastos*-) este o plastidă frecventă în celulele fructelor, petalelor și ale altor părți colorate din plante. În fructele de tomate, în cromoplaste se sintetizează, apoi se formează cristale de *licopină*. În timpul acumulării unor astfel de substanțe structura cromoplastului, cu puținele sale tilacoide, se dezagregă.

Compoziția chimică a plastidelor este mai puțin cunoscută. Folosindu-se tehnica ultracentrifugării maceratelor de frunze, îndeosebi de spanac, s-au putut izola cloroplaste în cantitate suficientă pentru analiza lor chimică. Ba mai mult, s-au putut izola tilacoide și s-au separat principalii lor componenți. În tabelul V redăm compoziția chimică a tilacoidelor din cloroplastele de spanac. Datele obținute sînt raportate de autori la un atom de Mn și arată că peste jumătate din componenții chimici ai tilacoidelor sînt substanțe de natură lipidică, iar mai puțin de jumătate, substanțe de natură proteică. Dintre substanțele de natură lipidică, sau solubile în lipide, importante sînt clorofilele, în special clorofila *a* găsită în proporție de 3/4, față de clorofila *b* prezentă numai în proporție de 1/4.

**Mitocondriile** au fost descoperite mai întîi în celula animală de către doi citologi germani: *W. Fleming* (1882) și *R. Altmann* (1890), folosind anumite tehnici de colorare a celulei fixate. Denumirea de mitocondrii le-a fost dată în 1897 de un alt cercetător german *C. Benda* (gr. *mitos* = fir; *chondrion* = grăuncior, granulă) datorită faptului că, în aceeași celulă sau în celule diferite forma lor variază de la aceea a unui grăuncior pînă la cea a unui fir, uneori ramificat. În celula vegetală, mitocondriile au fost descoperite în anul 1904 de *Fr. Meves* în celulele țesutului tapet din anterele florilor de nufăr (*Nymphaea*).



CPredeluno 2013

*Tabelul V*

**Compoziția chimică a tilacoidelor cloroplastelor de spanac**
(după *H. K. Lichtenthaler* și *R. B. Park*, 1963)

| Substanța care intră în compoziția tilacoidelor | Numărul de moli pe 1 atom de Mn. | % din GM totală | Greutatea moleculară (GM) |
|---|---|---|---|
| Clorofila (clorofila *a* 80 moli, clorofila *b* 35 moli) | 115 | 10,75 | 103.200 |
| Carotinoizi (— carotină 7 moli, luteină 11 moli) | 21 | 1,13 | 13.700 |
| Chinone (plastochinonă 14 moli, tocoferol 7 moli, vitamină K 2 moli) | 23 | 1,66 | 15.900 |
| Fosfolipide (fosfogliceride 26 moli, lecitine 21 moli) | 58 | 4,73 | 45.100 |
| Digalactozil digliceride | 72 | 6,98 | 67.000 |
| Monogalactozildigliceride | 173 | 13,96 | 134.000 |
| Sulfolipide | 24 | 2,13 | 20.500 |
| Steride | ? | 0,78 | 7.500 |
| Lipide neidentificate | ? | 9,11 | 87.800 |
| | Total lipide | *51,64* | *495.800* |
| Atomi de N proteic | 4 690 | 48,33 | 464 000 |
| Atomi de Mn | 1 | 0,006 | 55 |
| Atomi de Fe | 6 | 0,035 | 336 |
| Atomi de Cu | 3 | 0,016 | 159 |
| | Total proteine | *48,43* | *465.000* |
| Greutatea moleculară minimă pe 1 atom de Mn | | | 960.000 |

La microscopul optic mitocondriile pot fi observate atît pe material fixat și colorat, cît și pe material în stare vie, prin colorație vitală, sau la microscopul cu cîmp întunecat și la cel cu contrast de fază. Mitocondriile în stare vie, necolorate, sînt translucide, avînd un indice de refracție diferit de al citoplasmei fundamentale. De regulă sînt mici, cu lungimea cuprinsă între 3—5 μm, alteori mai lungi, și cu un diametru ce variază între 0,2—1,0 μm, rareori mai mare (pînă la 7 μm în cazul mitocondriilor foarte lungi). Numărul lor în celule variază foarte mult de la o specie la alta. În celulele unor specii de *Micrasterias* (alge verzi) se găsește numai o singură mitocondrie; în celulele scufiei rădăcinii de porumb pot să fie între 100 și 3 000; în celulele ficatului de șobolan, între 500 și 1 400; iar în celulele unor specii de amibe, de exemplu la *Chaos chaos* pînă la 500 000. În general, s-a constatat că, în celule de dimensiuni similare, numărul mitocondriilor este mai mic în celulele vegetale comparativ cu cele animale. În cazul organismului vegetal, ele sînt mai puține în țesuturile verzi cu cloroplaste, decît în țesuturile lipsite de cloroplaste. Aceste estimări cantitative se pot corela cu rolul fiziologic al mitocondriilor în celule.

Structura electronomicroscopică a mitocondriei a fost pentru prima dată relevată, în anul 1953, de către *George Emil Palade*.

Analizînd ultrastructural o mitocondrie (fig. 11) se constată la exterior o membrană dublă, cu foița externă avînd grosimea de 5,5 nm (55 Å), iar cea internă de numai 4,5 nm (45 Å). Între cele două membrane se află spațiul intermembranar sau spațiul perimitocondrial, cu o grosime de circa 8,5 nm (85 Å). Interiorul mitocondriei este umplut de ceea ce se numește *matricea mitocondriei*. În

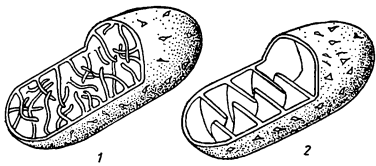
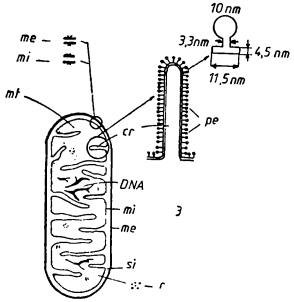



**Fig. 11. Ultrastructura mitocondriei:**
*1 — mitocondrie tip tubulos; 2 — tip crista; 3 — detaliu structural: cr — criste; me — membrană externă; mi — membrană internă; mt — matrice; pe — particule elementare; r — ribozomi; si — spațiu intermembranar (d. K. Mühlethaler și A. Frey-Wyssling; I. Diculescu și colab.).*




aceasta pot să se găsească, din loc în loc, așa numiții corpusculi intramitocondriali, precum și mici cantități de DNA mitocondrial. Cea mai mare parte a matricei mitocondriei este formată din RNA mitocondrial (rRNA, mRNA, tRNA) și proteine (structurale și contractile), protein-enzime (aproximativ 200).

Membrana internă a mitocondriei trimite în matrice niște invaginațiuni pe care *E. G. Palade* (1953) le-a numit *criste* (creste). Suprafața cristelor înspre interiorul mitocondriei nu este netedă, ci prevăzută cu o serie de particule sferice pedunculate, în care se află enzimele responsabile de reacția de fosforilare a ADP (acidul adenozin difosforic) în ATP (acid adenozin trifosforic). Reacția se petrece pe seama unui curent de electroni puși în mișcare de procesul respirator. De aceea corpusculii de pe suprafața cristelor se mai numesc *particule elementare*, *particule* $F_1$ sau *oxizomi*; diametrul lor este de circa 8—9 nm (80—90 Å).

Funcția principală a mitocondriei este de a produce, în timpul respirației celulare, ATP — substanță capabilă să înmagazineze o mare cantitate de energie în legăturile sale macroergice. Acumularea de energie în celulă se petrece prin implicarea complexă a citoplasmei și a diverselor regiuni mitocondriale. În citoplasmă are loc degradarea glucozei pînă la piruvat; aceasta traversează membranele mitocondriei pînă la matricea mitocondrială, unde sînt localizate enzimele (oxidoreductorii) responsabile de desfășurarea ciclului lui *Krebs* (ciclul de reacții care duce la oxidarea completă a glucozei pînă la $CO_2$ și $H_2O$). În particulele elementare sînt localizate enzimele care asigură transferul de electroni și acumularea energiei acestora prin fosforilarea oxidativă a ADP în ATP.



CDeLibris 2013

*Tabelul VI*

**Compoziția chimică a mitocondriilor**
(după *A. Frey-Wyssling* și *K. Mühlethaler*, 1965)

| Substanța | Conținutul în % | | |
|---|---|---|---|
| | ficat de morsă (*C. P. Barnum* și *R. A. Husbey*, 1948) | ficat de șobolan (*F. Leuthardt* și *B. Exer*, 1953) | Plantule de mazăre (*H. A. Stafford*, 1951) |
| Proteine | 70,7 | 71,7 | 35—40 |
| RNA | 3,7 | 2,85 | 0,5—1 |
| Fosfolipide | 15.5 | 16,75 | 30 |
| Lipide care nu conțin fosfor | 11,9 | 8,55 | — |
| Total | 101,8 | 99,85 | 71 |

Compoziția chimică a mitocondriilor (vezi tabelul VI) cuprinde proteine, RNA, fosfolipide și lipide fără fosfor; DNA se află în cantități foarte mici (molecula de DNA mit. este bicatenară, helicoidală și circulară asemănătoare cu cea de la procariote). Prezența acizilor nucleici în mitocondrie conferă organitului o parțială autonomie genetică.

**Ribozomii.** Investigațiile electronomicroscopice ale lui *E. G. Palade* (1953) au condus la relevarea unor particule în citoplasma celulelor, care corespundeau ca dimensiuni cu particulele izolate pe cale chimică din celule, în 1943, de către *A. Claude* și pe care acesta din urmă le-a numit „microsomi". Cercetătorii din domeniul microscopiei electronice au convenit să numească inițial aceste particule „corpusculii lui Palade". Ulterior, după anul 1960, în urma investigării compoziției lor chimice și a stabilirii că aproximativ 40—50% din substanțele care compun aceste particule sînt molecule de RNA (acid ribonucleic), s-a convenit ca ele să fie numite *ribozomi*. În celula vegetală ribozomii au fost observați pentru prima dată în anul 1953 de *R. Brown* și *E. Robinson*.

Ribozomii sînt corpusculi de formă aproximativ ovoidală, cu diametrul variabil, cuprins între 15 și 23 nm (150—230 Å). Ribozomii se pot găsi în citoplasmă în diferite situații: izolați, atașați de membranele reticulului endoplasmatic sau pe suprafața externă a membranei nucleului și, în fine, grupați mai mulți la un loc printr-o moleculă de mRNA, în agregate numite *poliribozomi* (polizomi). Această distribuție variată poate fi corelată cu diferite stări fiziologice ale celulei. Cercetările biochimice efectuate pînă în prezent au dovedit că în ribozomii din citoplasmă se petrece sinteza proteinelor pe baza informației ereditare transferată prin intermediul RNA — mesager din nucleu.

În celula eucariotă, vegetală și animală, se găsesc două tipuri de ribozomi — ribozomii citoplasmatici, mai mari, cu o constantă de sedimentare de 80 S*, și ribozomii organitelor celulare (ribozomi plastidiali și mitocondriali) a căror constantă de sedimentare este de aproximativ 70 S, foarte asemănătoare cu aceea a ribozomilor specifici celulelor procariote. Prin extragerea ionului de $Mg^{++}$ din suspensiile de ribozomi aceștia pot fi desfăcuți în două subunități cu constantă de sedimentare diferită: 40 S și 60 S. Se știe că în ribozomii intacți se află 4 tipuri de molecule de RNA care pot fi separate între ele după constanta de sedi-

* S — unitatea *Svedberg*.

mentare. Proteinele din alcătuirea ribozomilor sînt mai greu de izolat şi cercetat. Pînă în prezent au fost izolate peste 50 tipuri de proteine ribozomale cu o greutate moleculară cuprinsă între 10 000 şi 60 000 D. Ribozomii mai conţin, cantităţi mici de apă, diferiţi ioni metalici ($Mg^{++}$ , $Ca^{++}$).

Ribozomii (poliribozomii) sînt organitele celulare în care se desfăşoară sinteza proteinelor: poliribozomii neataşaţi RE sintetizează proteinele de structură, iar ribozomii ataşaţi RE, sintetizează enzimele, hormonii etc.

**Reticulul endoplasmatic** (RE). Încă la începuturile folosirii în biologie a microscopului electronic ca instrument de cercetare, prin fixarea unei celule animale cu $OsO_4$ „acid osmic" şi observarea ei în microscopia optică *K. R. Porter, A. Claude* şi *E. F. Fulman* (1945) au reuşit să observe o reţea fină pe care, în 1948, *K. R. Porter* a numit-o *reticul endoplasmatic*. Reluîndu-şi cercetările în colaborare cu *G. E. Palade, K. R. Porter* (1954) supune unui studiu electronomicroscopic amănunţit reticulul endoplasmatic, descoperind numeroase detalii. Astfel, s-a constatat că reticulul endoplasmatic prezintă cîteva configuraţii morfologice care reflectă, cu siguranţă, diverse stări metabolice. Reticulul endoplasmatic poate să aibă mai frecvent aspectul unor canalicule, legate unele de altele, care pe alocuri prezintă dilatări sub formă de săculeţi cisterne sau vezicule.

Din punct de vedere morfologic se pot deosebi două tipuri de reticul endoplasmatic, în funcţie de prezenţa sau absenţa pe suprafaţa membranei sale externe a ribozomilor: reticulul endoplasmatic cu ribozomi poartă numele de *reticul endoplasmatic granular* sau *rugos*, cel fără ribozomi, *reticul endoplasmatic neted* sau *agranular*.

Cercetările de zoocitofiziologie au demonstrat că reticulul endoplasmatic granular este specific celulelor secretoare de colagen şi alte proteine, pe cînd cele cu reticul endoplasmatic neted produc hormoni de natură steroidă. În celula vegetală densitatea elementelor care alcătuiesc reticulul endoplasmatic este mai mică decît în celula animală şi variază după ţesut. În meristeme şi în celulele secretoare numărul de membrane RE este mai mare decît în celulele ţesutului palisadic.

**Aparatul Golgi** (complexul Golgi). A fost descoperit cu ajutorul tehnicilor microscopiei optice, în anul 1898, de către *C. Golgi* în celulele *Purkinje* ale cerebelului de struţă (*Strix flammea*). Din cauza dimensiunilor sale, în cazul celulei vegetale, sub puterea de rezoluţie a microscopului optic, prezenţa lui la plante a fost multă vreme contestată (pentru detalii vezi *E. Pop*, 1968). În celula vegetală a fost redescoperit relativ tîrziu, în 1957 de către *E. S. Perner*, numai cu ajutorul microscopului electronic. În perioada 1951 — 1954 s-au purtat vii discuţii asupra identităţii „structurilor Golgi" observate cu ajutorul microscopiei optice şi a celei electronice. *A. J. Dalton* şi *M. D. Felix* (1954), apoi *F. S. Sjöstrand* şi *V. Hanson* (1954) stabilesc corespondenţa dintre cîteva formaţiuni Golgi văzute în microscopia optică şi structurile relevate de microscopia electronică. În celula vegetală eucariotă complexul Golgi sau dictiozomul este format din o serie de saci sau cisterne dispuse paralel una faţă de cealaltă, din micro- şi macrovezicule. Numărul cisternelor într-un complex Golgi sau dictiozom variază între 3 şi 20, în funcţie de tipul de celulă şi de rolul său funcţional în ansamblul organismului (fig. 12).

Rolul aparatului Golgi în celulă este multiplu: de la secreţia proteinelor şi formarea membranelor plasmatice pînă la construirea peretelui celular celulozic complex al celulei vegetale. Numeroase observaţii electronomicroscopice demonstrează că în timpul diviziunii celulelor, în telofaza tîrzie, mai multe formaţiuni Golgi se dispun de-a lungul viitoarei plăci separatoare. O serie de vezicule originare din aparatul Golgi, bogate în polizaharide şi proteine formează rudimente din lamela mediană, în jurul căreia se va construi peretele primar, celulozic. Investigaţiile biochimice au dovedit că în complexul Golgi sînt localizate o serie de enzime de care



Digitized by 2013

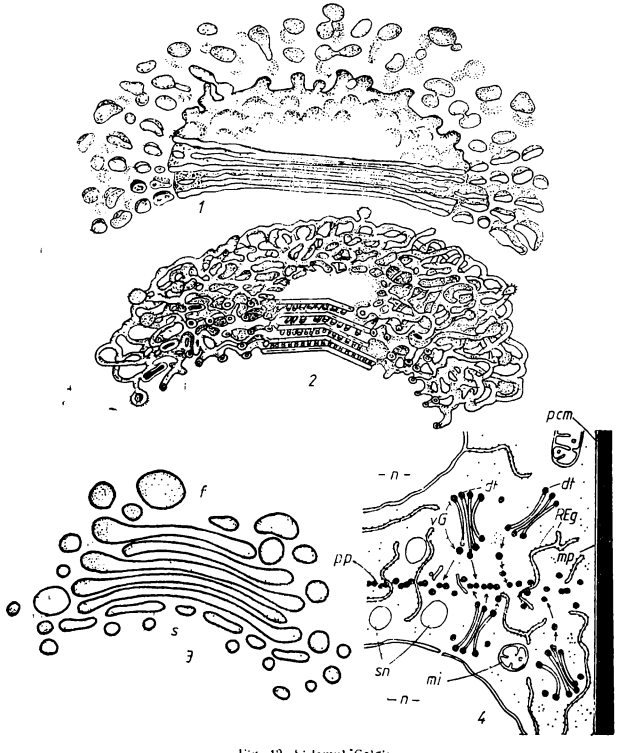



Fig. 12. Sistemul Golgi:

*1, 2* — modele de dictiozomi: *3* — dictiozom în stadiu de formare; *4* — formarea peretelui primordial: *dt* — dictiozom: *f* — latură formatoare; *mi* — mitocondrii; *mp* — membrană plasmatică; *n* — nucleele celulelor fiice; *pcm* — perete celular matur; *pp* — perete primordial: *REg* — reticul endoplasmatic granular; *s* — latură secretoare; *sn* — structuri neidentificate; *vG* — veziculele Golgi (d. E. Libbert și E. Strasburger).



©RedAbaris 2013

depinde sinteza celulozei și a altor substanțe ce intră în compoziția peretelui celular.

**Lizozomii**. Au fost descoperiți în anul 1959 de către *Chr. De Duve* nu prin microscopie electronică, ci prin centrifugare fracționată. Ulterior au fost identificați și morfologic, cu microscopul electronic. Ei se prezintă sub forma unor corpusculi de mărime apropiată de a mitocondriilor, dar sînt înconjurați de o membrană simplă, lipido-proteică.

Cercetările biochimice au stabilit că în interiorul lizozomilor se află o mulțime de enzime cu acțiune proteolitică, enzime care degradează acizii nucleici și diferitele categorii de lipide.

Alcătuirea chimică a lizozomilor a permis să se deducă rolul lor în viața celulară. Ei reține o serie de enzime, importante în două tipuri de procese: în reparațiile celulare pe întreaga durată a vieții și în autoliza celulară ce urmează morții. Lizozomii din celula vegetală au fost amănunțit studiați de *Ph. Matile* (1968), găsind că ei îndeplinesc un rol important în mobilizarea substanțelor de rezervă din cotiledoane în timpul germinației.

**Microcorpii**. Sînt organite înconjurate de o singură membrană, avînd 0,2—1,5 μm (200—1 500 nm sau 2 000—15 000 Å) în diametru. În interiorul lor se află o matrice granulară, cu densitate optică moderată (mijlocie). Uneori materialul din interiorul microcorpilor poate fi structurat conform unei rețele cristaline. În funcție de compoziția chimică și rolul lor în viața celulei se disting *glioxizomi* (conținînd catalaze și enzimele ciclului glioxilatului), *peroxizomi* (conținînd mai ales glicolatoxidaze); peroxizomii de regulă sînt mai mari decît glioxizomii.

În celula vegetală au fost amănunțit studiați de *N. E. Tolbert* (1971).

**Sferozomii**. Sînt particule cu o cantitate variabilă de lipide (40—90%), cu diametrul cuprins între 0,2—1,3 μm (200—1 300 nm sau 2 000—13 000 Å). Prezența proteinelor poate fi dedusă din aspectul mai mult sau mai puțin granular al matricei lor interne. La exterior, sferozomii sînt înconjurați de o membrană simplă, despre care se presupune că provine de la reticulul endoplasmatic. Sferozomii au fost descoperiți cu ajutorul microscopiei optice de către *J. von Hanstein* în 1880, care i-a denumit *microzomi*. În 1943 *A. Claude* dă numele de microzomi particulelor izolate de el prin macerare și centrifugare, despre care astăzi știm că nu erau altceva decît „corpusculii lui Palade" sau ribozomii. Pentru a se înlătura confuziile, s-a convenit ca microzomii să se numească sferozomi, după termenul folosit de *P. Dangeard* (1919) pentru a desemna microzomii lui *J. von Hanstein*.

**Microtubulii și microfilamentele**. Sînt formațiuni specifice celulelor eucariote care posedă o structură nonmembranoasă. Funcțiile acestor formațiuni structurale sînt legate de motilitatea celulară, de mișcările intracelulare (mișcările sau curenții protoplasmatici) și de menținerea formei celulelor în cazul lipsei pereților celulari celulozici (plasmodiile mixomicetelor, euglenoidele și altele).

Microtubulii sînt formațiuni cilindrice cu pereții alcătuiți din proteine (probabil proteine contractile). Pereții au grosimea de 5 nm (50 Å) și înconjoară un spațiu sau lumen central cu diametru de 10—15 nm (100—150 Å). Proteina principală care formează pereții este tubulina, cu greutatea moleculară de circa 110 000 daltoni.

Microtubulii formează filamentele fusului de diviziune în mitoză sau în meioză, întinzîndu-se de la un pol la celălalt al celulei sau atașîndu-se de kinetohorul cromozomilor.

În cazul celulelor prevăzute cu cili și flageli, microtubulii constituie elementele fundamentale de constituție a acestor organite speciale, puse îndeosebi în serviciul locomoției celulare. În secțiune transversală, un cil sau un flagel este format din doi microtubuli dispuși în centrul organitului și alți nouă distribuiți la peri-

feria flagelului. Cilii și flagelii sînt înveliți de plasmalemă. La baza cililor și flagelilor se află așa numitul *corp bazal* format din 9 microtubuli.

Microfilamentele constituie microtubuli mai subțiri, cu diametrul cuprins între 4 și 8 nm (40—80 Å), formate din proteine contractile de tipul actinei, cu rol fundamental în mișcările intracelulare (curenții protoplasmatici).

**Nucleul celular** (lat. *nucleus* = miez, sîmbure, nucleu), organit de importanță majoră, descoperit în anul 1831 de către *Robert Brown* în timp ce studia, cu microscopul optic în starea lor vie, perii filamentelor staminale de *Tradescantia sp.* Data publicării descoperirii este însă anul 1833, de aceea în multe manuale de citologie se consideră acest an ca cel al descoperirii însăși.

Nucleul se găsește în toate celulele eucariote cu excepția vaselor ciuruite mature de la plantele superioare și a eritrocitelor din sîngele mamiferelor. În aceste două tipuri de celule nucleul este însă prezent în stadiile timere ale dezvoltării celulare.

Microscopia optică a contribuit la cunoașterea formei nucleului și a rolului său în viața celulei eucariote, în special în timpul diviziunii celulare, dar cele mai multe date despre nucleu ni le-a furnizat microscopia electronică și studiul chimic al nucleelor izolate din celulă prin omogenizare și ultracentrifugare.

În celulele vegetale interfazice din meristeme și alte țesuturi, nucleul ni se înfățișează ca un corp de obicei sferic sau sferoidal, cu diametrul aproximativ 10 $\mu$m (10 000 nm sau 100 000 Å). În funcție de specie și țesut, nucleul poate să aibă forme și dimensiuni diferite, ca de exemplu: nucleul filamentos de la *Aloe saponaria* lung de circa 400 $\mu$m; nucleul lenticular, fusiform, amiboidal și alte forme. În stare vie, aceste forme nu sînt constante și adeseori se poate nota trecerea unei forme în alta, cum se întîmplă de pildă, în celulele stomatelor de *Vicia faba*. La această specie, în funcție de starea fiziologică a stomatei, nucleul poate fi fusiform sau sferic (*Fr. Weber*, 1926).

Cercetările biochimice întreprinse de *M. L. Birnstiel*, *M. I. H. Chipchase* și *W. G. Flamm* (1963) pe meristemele de mazăre au arătat că nucleul este format din: DNA în proporție de 14%, RNA 12,1% proteine bazice (protamine și histone) legate de DNA și materialul cromozomial —22,6% și proteine nelegate de DNA — 51,3%.

Date mai noi arată că diferitele substanțe care alcătuiesc nucleul se află în proporție variabilă, în funcție de specie. *R. F. Lydden* (1968) consideră că nucleul celulei vegetale are următoarea compoziție chimică (tabelul VII).

Dintre proteine o parte, pînă la 30%, sînt protamine și histone. Ele au conținut ridicat de arginină și lizină și de aceea au punctul izoelectric la pH 10—11. Ele se leagă de DNA formînd complexul nucleoproteic din nucleu, în particular complexul nucleo-histonic. Restul de 70% din proteinele nucleului nu sînt legate de DNA, ci formează proteinele sucului nuclear, alte proteine cromozomiale și diverse proteine ribozomale.

Prin DNA se realizează transferul de informație ereditară în șirul generațiilor de celule care se succed în cursul diviziunilor celulare, iar prin RNA se transferă informația ereditară de la nucleu spre citoplasmă în timpul sintezei moleculelor de proteine. Primele studii minuțioase și precise asupra diviziunii celulare la plante aparțin lui *E. Strasburger* (1875), dar cunoștințele limitate din acea vreme nu au permis o interpretare corectă a celor observate, astfel încît nu se putea întrevedea atunci rolul nucleului în transmiterea informației ereditare de la celula maternă la cea filială. Abia după dezvoltarea geneticii ca știință s-a putut face corelația exactă dintre procesele ereditare și schimbările structurii nucleului în timpul diviziunii celulare.

Structura amănunțită a nucleului celular a fost relevată abia prin cercetările de microscopie electronică.

*Tabelul VII*

**Cantitatea de DNA, RNA și proteine în nucleele celulelor vegetale**
(după *R. F. Lynden*, 1968)

| Masa uscată a nucleelor în μμg* | DNA | Procente de | | | Specia de plante |
|---|---|---|---|---|---|
| | | DNA | RNA | Proteine | |
| — | — | 3 | 9 | 88 | — Drojdie |
| 150 | 13 | 8 | 17 | 75 | — Culturi celulare de tutun |
| 70 | 10 | 14 | 12 | 74 | — Plantule de mazăre |
| — | — | 16 | 8 | 76 | — Tulpină de mazăre |
| 84 | 21 | 25 | 21 | 54 | — Vîrf radical de mazăre |
| 81 | 16 | 20 | 19 | 61 | — Vîrf radical de mazăre |
| 76 | 31 | 41 | 12 | 47 | — Epicotil de mazăre |
| — | — | 7 | 3 | 90 | — Embrion de mazăre |
| 129 | 33 | 25 | 11 | 63 | — Embrion de mazăre |
| — | — | 17 | 4 | 79 | — Embrion de grîu |
| — | — | 5 | 4 | 53 | — Embrion de grîu |
| 152 | 60 | 39 | 9 | 52 | — Vîrf radical de bob |
| 230 | 77 | 33 | 6 | 61 | — Vîrf radical de ceapă |

* 1 μμg = $10^{-9}$g

Totuși, încă înaintea utilizării noii tehnici, *F. O. Schmitt* (1938) a demonstrat, folosind microscopul optic cu lumina polarizată că nucleul este înconjurat de o membrană care posedă capacitatea de a produce dubla refracție a luminii și că ea este probabil formată dintr-un agregat de lamele.

Investigațiile electronomicroscopice au dovedit că într-adevăr nucleul este înconjurat de o anvelopă formată din două unități membranoase, fiecare din ele avînd aproximativ 8 nm (80 Å) lățime. Între cele două membrane se află un *spațiu perinuclear*, a cărui lățime poate fi variabilă, de obicei între 10—40 nm (100—400 Å). Peliculele anvelopei sînt străpunse de pori, al căror diametru poate fi cuprins între 40 și 150 nm (400—1 500 Å).

În urma studierii suprafeței anvelopei s-a ajuns la concluzia că porii ocupă circa 8%.

În partea centrală a porilor au fost observate granulații și așa numita substanță fundamentală. Acestea dovedesc că între citoplasmă și nucleu nu există o circulație liberă. În consecință, ieșirea RNA și a altor substanțe din nucleu în citoplasmă este suficient de bine controlată.

Anvelopa nucleară este caracteristică pentru nucleul interfazic, adică în răstimpul dintre două diviziuni succesive. În momentul începerii diviziunii celulare, membrana nucleului se fragmentează în bucăți care nu se pot distinge de formațiunile reticulului endoplasmic. La finele diviziunii celulare, nucleele-fiice se refac și odată cu ele, anvelopele noi. Materialul din care derivă anvelopele sînt formațiunile membranare ale RE. De altfel, între anvelopa nucleului și RE există o continuă comunicare.

În interiorul nucleelor interfazice sau în stare de repaus DNA se află condensat în aglomerări de cromatină alcătuită, la rîndul ei, din fire cromatice și cromomere (v. fig. 13). Aglomerările de cromatină mai poartă numele de *heterocromatină*, în contrast cu *eucromatina* (DNA mai puțin dens.) Cea mai mare parte a nucleului este ocupată de nucleoplasmă (sucul nuclear), format din proteine neatașate acizilor nucleici.

În timpul diviziunii celulare, aglomerările de heterocromatină se asociază între ele pentru a forma așa numiții *cromozomi*. Numărul cromozomilor pentru o celulă,

la o anumită specie, este de regulă constant (de ex. secara 14, ceapa 16, porumbul 20, fasolea 22, tutunul 48 etc.). Ultrastructura cromozomilor nu este suficient de bine cunoscută din cauza complexității sale. Pe baza investigațiilor făcute asupra cromozomilor din celula animală se admite că cromozomii ar fi formați din o serie de unități fundamentale, cu diametrul de aproximativ 10 nm (100 Å). Acestea au fost numite *fibrile elementare*.

Fibrilele elementare la rîndul lor sînt formate din două *subfibrile*, avînd fiecare un diametru de 3—4 nm (30—40 Å). Se presupune că aceste subfibrile ar fi elicoide formate din nucleohistone.

Fibrilele elementare se pot și ele răsuci, formînd fibre mai groase. Acestea pot singure să formeze cromozomul sau să se asocieze între ele mai multe. În primul caz, se vorbește de cromozomi uninemici, în cel de al doilea, de cromozomi polinemici (gr. *poli-*; *nema* = filament).

**Nucleolul.** Un suborganit al nucleului, vizibil și în microscopia optică este *nucleolul* (lat. *nucleolus* = nucleol, nucleu mai mic). Are de obicei formă sferică și diametrul de 1—3 μm (1 000—3 000 nm) și este prezent numai în nucleele care se află în interfază. Numărul de nucleoli existent într-un nucleu este variabil și, după cum o atestă investigațiile lui *B. Mc Clintock* (1934), el indică gradul de ploidie al celulelor.

Cu ajutorul microscopului electronic s-au putut distinge următoarele elemente structurale în interiorul nucleolului: a) regiunea periferică granulară, formată din granule cu diametrul de 15—20 nm (150—200 Å) socotite, de regulă, precursori ai ribozomilor din citoplasmă, b) regiunea centrală fibrilară, formată din fibrile cu diametrul de 10 nm (100 Å), care la rîndul lor sînt alcătuite din subfibrile cu diametrul de 2 nm (20 Å). Se presupune că regiunea fibrilară este precursoarea granulelor din regiunea granulară, c) fibrilele se găsesc înconjurate de proteine amorfe și d) în nucleol se află și DNA sub formă de cromatină. În nucleolii izolați de mazăre se află 7% DNA, iar în cei de bob, pînă la 37%.

Pe baza aspectelor de microscopie electronică și a studiilor biochimice, astăzi se știe că în nucleol se petrece sinteza RNA mesager, care transmite informația ereditară ribozomilor din citoplasmă.

## 1.5. Diviziunea celulară

Continuitatea vieții de-a lungul generațiilor în organismele mono- și pluricelulare nu ar fi posibilă fără „copierea" informației ereditare conținute în nucleul celular, mai exact, în structura elicoidală a acidului deoxiribonucleic și transmiterea ei în celulele tinere.

Procesul prin care se transmite informația creditară de la celula parentală spre cele două celule-fiice se numește diviziune celulară sau citokineză, ceea ce duce și la înmulțirea celulelor. În acest proces nucleul celular joacă un rol esențial, dar participă activ atît citoplasma fundamentală, cît mai ales organitele celulare.

Creșterea în dimensiuni a organismelor este determinată genetic și pentru organismele animale ea se încheie odată cu instalarea maturității. În cazul plantelor, se consideră că procesul creșterii nu este niciodată încheiat, el fiind *indefinit* sau *nedeterminat*. Aserțiunea se întemeiază pe faptul că în vîrfurile tulpinilor și rădăcinilor se află un grup de celule tinere sau un țesut întotdeauna tînăr, *meristemul*. În consecință, creșterea în lungime pentru organismele vegetale multicelulare rămîne continuu posibilă. Creșterea în grosime a speciilor lemnoase este asigurată de un meristem secundar, numit *cambiu*.

În pofida creșterii potențial indefinite a organismului vegetal, plantele posedă o creștere cu caracteristici similare organismelor animale. În stadiile tinere, plan-



CarteAdhoc 2013

tele anuale, ierboase, cresc relativ rapid, ca după atingerea maturității, procesul să încetinească foarte mult și în cele din urmă să se oprească definitiv. Pentru acest motiv, dimensiunile organismelor vegetale sînt însușiri specifice, cuprinse în diagnozele precise ale speciilor, determinate sau programate genetic similar situației întîlnite în lumea animalelor. Deosebirea constă doar în faptul că limitele variației dimensiunilor ce pot fi atinse de către organisme la vegetale sînt mai mari decît la animale și că procesul creșterii la vegetale rămîne potențial indefinit.

**Mitoza.** Investigațiile făcute asupra meristemelor din vîrfurile lăstarilor și ale rădăcinilor au relevat încă din secolul trecut (*E. Strasburger*, 1875) că în timpul înmulțirii celulelor nucleul celular parcurge o serie de transformări cărora li s-a dat numele de *mitoză* (gr. *mitos* = fir; *-osis* = condiție) sau *cariokineză* (gr. *karyon-*; *kinesis* = mișcare). Cu această ocazie s-a observat că într-un meristem o proporție relativ modestă de celule se află în *stadiul de mitoză*, circa 5—15%, majoritatea prezentînd nuclee sferice, cu structură normală, aparent într-un stadiu de relativ „repaos" morfologic nu și fiziologic al nucleului, numit și *stadiu de interfază* (fig. 13).

Mitoza se desfășoară în patru faze care poartă fiecare cîte o denumire și se caracterizează printr-o anumită configurație:

**Profaza.** Nucleele gata de diviziune apar, după colorare, bine individualizate fiind înconjurate de învelișul nuclear. În interiorul nucleelor fin granulate sînt prezenți nucleolii. Granulația se datorește *cromatinei* (gr. *hroma* = culoare), mai puternic colorabile și *cariolimfei* (gr. *karyo-*, *limfa* = apă de izvor). În timpul pro-

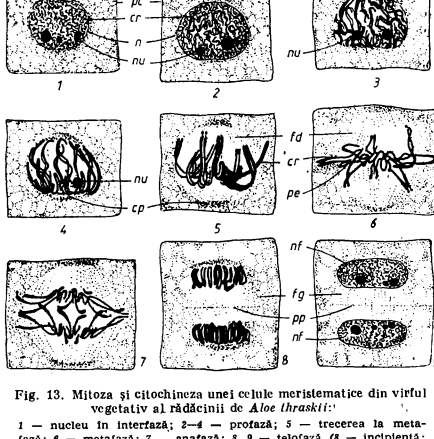



Fig. 13. Mitoza și citochineza unei celule meristematice din vîrful vegetativ al rădăcinii de *Aloe thraskii*:
*1* — nucleu în interfază; *2—4* — profază; *5* — trecerea la metafază; *6* — metafază; *7* — anafază; *8, 9* — telofază (*8* — incipientă; *9* — finală); *ci* — citoplasmă; *cp* —calote polare; *cr* — cromozomi; *fd* — fus de diviziune; *fg* — fragmoplast; *n* — nucleu; *nf* — nuclee fiice; *nu* — nucleoli; *pc* — perete celular; *pe* — placă ecuatorială; *pp* — perete primordial (d. E. Strasburger).



©PrezAbsolv 2013

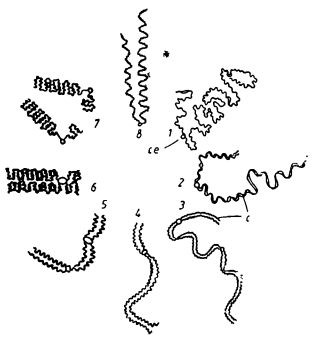



Fig. 14. Schimbarea formei unui cromozom în timpul mitozei:
1 — cromozom în interfază cu replicarea parțială a DNA; 2 — același cu replicarea DNA terminată; 3-5 — condensarea progresivă a DNA în cromatidele profazice; 6 — condensarea (scurtarea) extremă a DNA în cromatidele metafazice; 7 — separarea celor doi cromozomi fii în anafază; 8 — despiralizarea cromozomului în telofază: c — cromatide; ce — centromer (d. E. Strasburger).

fazei, fiecare cromozom se divide longitudinal în două subunități care poartă numele de *cromatide*. Ele sînt de regulă spiralate și se răsucesc una în jurul celeilalte (fig. 14). În fiecare cromatidă se evidențiază o porțiune mai slab colorată prin reacția *Feulgen*, numită *centromer* prin care cromozomul se va atașa fibrelor fusului de diviziune. Nucleolul se atașează pe o porțiune a unui anumit cromozom, porțiune care poartă numele de organizator al nucleolului. În fazele mai avansate ale profazei anvelopa nucleară se dezagregă și între doi poli ai celulei, apare fusul de diviziune, format din mai multe fire alcătuite din microtubuli.

**Metafaza.** Nucleele nu mai sînt individualizate. Cromozomii se află dispuși în mijlocul celulei formînd așa numita placă ecuatorială. Prin tratarea cu colchicină, diviziunea celulară și cariokineza pot fi oprite în această fază, ușurînd numărarea cromozomilor, studierea cariotipului și alcătuirea cariogramelor.

Colchicina se pare că dizolvă sau blochează proteinele contractile ale microtubulilor ce alcătuiesc firele sau fibrele fusului de diviziune. La finele metafazei fibrele fusului de diviziune se atașează centromerului fiecărui cromozom. Porțiunea de atașare se numește *chinetohor*.

**Anafaza.** Constituie faza care succede metafaza și se caracterizează prin aceea că cele două cromatide rezultate din scindarea cromozomului în profază încep să se depărteze spre cei doi poli opuși ai celulei, constituind cromozomi de sine stătători, dar numai cu jumătate cantitate de DNA față de cromozomii inițiali din profază. Mecanismul prin care se realizează deplasarea cromozomilor în anafază nu este încă deslușit. S-a stabilit doar că acesta se datorează proteinelor contractile din microtubulii fibrelor fusului de diviziune și că necesită o anumită cantitate de energie furnizată de ATP.

**Telofaza** reprezintă ultima secvență a cariokinezei. Cromatidele, respectiv cromozomii, se adună la cei doi poli ai celulei și încep să reconstituie nucleul celular. În acest timp, apare placa celulară sau fragmoplastul, la organizarea căreia participă aparatul Golgi, cu polizaharidele sintetizate în interiorul său. După formarea peretelui celular, celula intră în stadiul interfazic sau de repaos al nucleului sub raport morfologic.

În paralel cu desfășurarea cariokinezei se petrece citokineza, (plasmotomia sau diviziunea celulară) care constă în împărțirea în mod egal a unora din organitele celulare și a citoplasmei fundamentale.

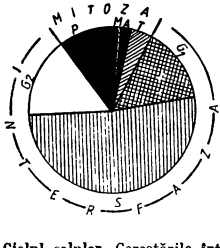



Fig. 15. Ciclul mitotic al unei celule meristematice din vîrful vegetativ al rădăcinii de *Pisum sativum*:
*P* — profaza; *M* — metafaza; *A* — anafaza; *T* — telofază; $G_1$ — perioada presintetică; *S* — perioada de sinteză a DNA; $G_2$ — perioada postsintetică (d. E. Strasburger).

**Ciclul celular.** Cercetările întreprinse cu ajutorul microscopului optic de la descoperirea diviziunii celulare pînă în anul 1950 separau sub raport citogenetic viața celulei în două perioade: mitoza (deasemenea și meioza) și interfaza sau stadiul de repaos nuclear fiindcă prin tehnicile obișnuite de fixare și colorare nucleul celular nu trăda nici o activitate.

Prin folosirea atomilor marcați pentru unii precursori ai acizilor nucleici, de exemplu pentru timidină (una din cele 4 baze azotate care intră în alcătuirea DNA) marcată cu tritiu ($^3H$) și a tehnicii autoradiografice, *A. Howard* și *R. S. Pelc* (1951) au arătat că mitoza durează circa 1/7 din viața celulei și că așa numita interfază sau stare de „repaos" a nucleului este un stadiu plin de evenimente biochimice și fiziologice (fig. 15).

În cazul rădăcinilor de bob (*Vicia faba*), cele patru mari perioade ale ciclului celular au următoarele durate, la o temperatură a mediului de +22°C; mitoza cu toate fazele sale durează în jur de două ore. Interfaza începe cu o perioadă postmitotică de „repaos" în care volumul nucleului rămîne constant și în interiorul lui nu se petrec evenimente majore biochimice. Perioada postmitotică, notată cu $G_1$ (engl. *gop* = gol) durează în jur de două ore și jumătate.

Cea mai lungă perioadă a ciclului celular, în cazul meristemelor de bob, este aceea de sinteză a DNA; ea durează aproximativ șase ore. În acest răstimp, volumul nucleului se dublează, la fel se dublează cantitatea de DNA nuclear, prin sinteza sa. Procesul în detaliu este complex, deoarece se petrece prin dedublarea moleculelor de DNA și formarea unor elicoide în virtutea reduplicării semiconservative (reacția prin care fiecare moleculă de DNA se despiralizează în cele două jumătăți simetrice, fiecare din lanțul de DNA despiralizat formîndu-și o nouă catenă pereche prin mijlocirea unor enzime numite DNA-polimeraze). Paralel cu sinteza DNA se petrece sinteza proteinelor nucleare, în special a histonelor.

Odată terminată sinteza DNA se instalează o altă perioadă postsintetică sau premitotică, a cărei durată, la bob, este de aproximativ 3 ore și jumătate; perioada este notată cu $G_2$. În timpul acesta celula se pregătește pentru o nouă mitoză, cromozomii fiind deja formați din două cromatide identice.

Durata unui întreg ciclu celular în celulele meristemului radical de *Vicia faba* este în jur de 14 ore. La alte specii, în funcție de temperatură și de alte condiții, ciclul celular poate să fie mai lung sau mai scurt; la celulele epiteliului intestinal de șoarece durata ciclului celular este de 19 ore. Sînt cazuri cînd ciclul celular este de 48, 72 sau chiar 120 ore.

**Meioza** (gr. *meiosis* = diminuare, micșorare). Se petrece în organele de înmulțire ale plantelor și se finalizează, la plantele cu flori cu formarea micro- și macrosporilor. Celulele somatice ale plantelor superioare sînt în mod obișnuit diploide, adică



CC-BY-SA-NC Biblioteca 2013

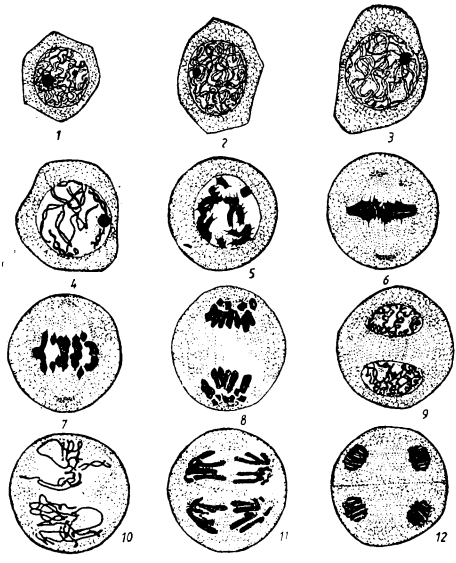


Fig. 16. Meioza în celulele mame polinice de la *Aloe thraskii*: 1—5 — profaza heterotipică: *1* — leptoten; *2* — zigoten; *3* — pahiten; *4* — diploten; *5* — diachineză; *6* — metafază heterotipică; *7* — anafază; *8* — telofază; *9* — interchineză; *10* — metafază homeotipică; *11* — anafază; *12* — telofază cu formarea a 4 nuclee haploide ale meiosporilor (d. E. Strasburger).

posedă un număr dublu (2n) de cromozomi în comparație cu celulele reproducătoare asexuate rezultate din meioză care sînt haploide, avînd un număr simplu (n) de cromozomi. Celulele somatice din care se formează granulele de polen și sacul embrionar sînt diploide. Generarea elementelor reproducătoare haploide necesită o reducere a numărului de cromozomi la jumătate. Gameții, la aceste plante se formează în urma a două mitoze postmeiotice. Starea diploidă se reface după fecundare. Meioza este diviziunea celulară prin care se asigură reducerea numărului de cromozomi, formarea deci a celulelor reproducătoare asexuate și a gameților.

În principiu, fazele meiozei sînt similare, dar nu identice în amănunțime, cu cele ale mitozei (fig. 16).

**Profaza.** Este mult mai înceată în desfășurare, față de mitoză și prezintă cîteva stadii particulare. Primul stadiu este așa numitul *leptoten* (gr. *leptos* = subțire, delicat; *nema* = fir) sau *leptonem* (gr. *tainia* = panglică) în care cromozomii, în număr



©PetiAnnie 2013

diploid se orînduiesc în fire subțiri și lungi, greu de deosebit între ele. Urmează apoi stadiul de *zigoten* sau *zigonem* (gr. *zigos* = jug, împerechere, reunire), caracterizat prin conjugarea sau legarea cromozomilor omologi și perechi, formînd așa numiții *cromozomi bivalenți*. Îngrămădirea cromozomilor legați între ei poartă numele de *sinapsă* (gr. *synapsis* = legătură). Următorul stadiu al profazei se numește *pachiten* sau *pachinem* (gr. *pachos* = gros, înghesuit) și se caracterizează prin faptul că cromozomii devin groși, înghesuiți, putînd fi deosebiți cu ușurință unii de alții.

Fiecare cromozom care formează cromozomii bivalenți este deja duplicat și conține două cromatide surori. De aceea cromozomii bivalenți se mai numesc *tetrade*.

În ultima parte a stadiului de pachiten, în așa numitul *diploten* (gr. *diploos* = dublu) conjugarea dintre bivalenți slăbește, dar cromozomii omologi mai rămîn legați între ei prin punți numite *chiasme* (gr. *hiasma* = așezare în cruce). Chiasmele se formează în urma schimbului de cromatină dintre cromozomii omologi. Ultimul stadiu al profazei meiotice este *diakineza* (gr. *dia* = prin, de-a lungul; *kinesis*-). În timpul diakinezei, nucleolii se îndepărtează de cromozomii bivalenți și în final se dezagregă, o dată cu începerea dezintegrării anvelopei nucleare.

**Metafaza primei diviziuni**. Asemenea metafazei mitotice, prima metafază a meiozei începe cu sfîrșitul dezintegrării anvelopei nucleare și geneza fibrelor fusului de diviziune, sau a aparatului de diviziune format din fire acromatice. Cromozomii bivalenți se atașează fibrelor fusului de diviziune și se dispun pe placa ecuatorială în așa fel încît ambii membri ai fiecărei perechi omoloage să fie îndreptați cu centromerii spre polul opus.

**Anafaza primei diviziuni**. Faza începe cu migrarea cromozomilor bivalenți spre cei doi poli ai celulei. În acest timp, chiasmele care legau cromozomii bivalenți dispar și omologii se eliberează unul de altul în apropierea polilor. Cînd cromozomii ajung în apropierea polilor, fiecare jumătate de celulă posedă un număr haploid de cromozomi.

**Telofaza primei diviziuni**. Se încheie cu formarea nucleelor și trecerea spre *interkineză*, cînd în celula-mamă se află două nuclee.

**Interkineza**. Nu este similară interfazei mitotice, fiindcă nu apare fragmoplastul și peretele celular. Cele două nuclee rămîn puțină vreme în „stare de repaos" și după aceea se angajează în cea de a doua diviziune celulară care decurge similar unei mitoze tipice exceptînd profaza.

**Metafaza celei de-a doua diviziuni**. Se caracterizează prin separarea cromozomilor bivalenți pe placa ecuatorială în cromozomi univalenți, așa numitele diade.

**Anafaza** este similară întrutotul celei mitotice.

**Telofaza** se încheie cu formarea a 4 nuclee haploide; în final, citoplasma se separă în 4 celule distincte, prin formarea pereților celulari.

**Semnificația biologică a diviziunii celulare**. În cazul organismelor pluricelulare, diviziunea celulară (mitoza), al cărei rezultat este înmulțirea celulelor într-un țesut, organ sau organism, face parte intrinsecă din procesul general al creșterii. Meioza constituie acea diviziune celulară care asigură formarea celulelor reproducătoare și prin aceasta mijlocește înmulțirea organismelor.

Indiferent de rezultatul procesului (creșterea numărului de celule într-un individ sau formarea de celule reproducătoare), diviziunea celulară asigură succesiunea neîntreruptă a celulelor cu un potențial genetic evasi-identic. Înmulțirea întîmplătoare a unor celule cu caracteristici și potențiale genetice diferite ar crea un haos în lumea vie, a cărui consecință ar fi dezintegrarea vieții terestre.

Păstrarea informației genetice în nucleu are de asemenea mai multe implicații. În primul rînd, în interfază nucleul este, înainte de toate, un centru regulator al întregii activități celulare, prin informația genetică transmisă citoplasmei. În



CarteaNoastra 2013

al doilea rînd, nucleul este un conservator al informației genetice pe care o transmite cu fidelitate nucleelor-fiice în timpul diviziunii celulare. Abaterile de la transmisia fidelă a informației genetice, cînd se petrec între anumite limite compatibile cu viața organismului și nu sînt deci letale, constituie ceea ce în genetică poartă numele de mutații. Homeostazia genetică este, în fapt, procesul care controlează acuratețea transmisiei informației ereditare, păstrînd un echilibru între frecvența redusă a mutației spontane și stabilitatea genetică a organismelor. Fără existența acestor procese al căror sediu intim este nucleul celular evoluția lumii vii, așa cum o cunoaștem astăzi, nu ar fi fost posibilă.

**Peretele celular.** Peretele celular a fost descoperit și descris încă în secolul al XVII-lea (1667) de către *Robert Hooke*. În ciuda faptului că este cunoscut de atîta vreme, specialiștii întîmpină serioase dificultăți în a-l categorisi ca o parte vie sau moartă a celulei, ca un „organit" celular sau ca o simplă secreție a celulei, întrucît structura și funcțiile sale sînt dintre cele mai complexe. Fiind situat la exteriorul membranei celulare plasmatice, al plasmalemei, peretele celular constituie, în ultima analiză, un component extracelular, motiv pentru care am lăsat examinarea lui după analiza organitelor intracelulare.

Din punctul de vedere al biologiei celulei, peretele celular este un constituient cu multiple roluri: reținerea apei, apărarea celulei, rol de citoschelet extern care conferă celulei rigiditate și durabilitate; elasticitate; participă în adeziunea unicelularelor la substrat. În unele situații (celulele bacteriene, granulele de polen), peretele celular se pare că are un rol însemnat în declanșarea sau dimpotrivă, în inhibarea reacției imune. Imunologia organismului vegetal constituie însă un domeniu încă puțin cercetat.

În cazul special al cormofitelor (majoritatea plante terestre), peretele celular fiind supus prin intermediul absorbției apei unei presiuni din partea celulei, contribuie în primul rînd la realizarea stării de turgescență a organismului celular. Parțial, creșterea celulelor vegetale prin întindere se datorează absorbției apei și sărurilor minerale în celule, urmată de o creștere proporțională a presiunii osmotice și a presiunii de turgescență care acționează cu modificări plastice ale pereților celulari încă neimpregnați cu alte substanțe. În celulele mature, cu creșterea încheiată, mărirea turgescenței nu mai poate induce o creștere a celulei.

Prin analize chimice s-au putut pune în evidență principalii compuși chimici care participă la formarea peretelui celular (tabelul VIII). Se constată că principalul component al peretelui celular este celuloza, urmată de hemiceluloze; pectina și lignina se află în proporții variabile, în funcție de specie și de gradul de maturitate a celulei.

*Tabelul VIII*

**Compoziția chimică a peretelui celular la organisme vegetale tinere și mature**
(după *J. L. Hall, T. J. Flowers* și *R. M. Roberts*, 1974)

| Tipul de substanțe | Procente din greutatea uscată a țesutului | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Grîu | | Ovăz | | Floarea soarelui | Brad Douglas | Mesteacăn |
| | coleoptil | paie | coleoptil | paie | hipocotil | | |
| Celuloză | 36 | 39 | 42 | 44 | 38 | 57 | 44 |
| Hemiceluloze | 30 | 32 | 38 | 32 | 8 | 14 | 21 |
| Pectină | 13 | 1 | 8 | 1 | 16 | — | — |
| Lignină | — | 17 | — | 19 | 8 | 28 | 22 |

*Celuloza* constituie un polimer liniar al glucozei. Moleculele de celuloză posedă între 2 000 și 14 000 molecule de glucoză și o greutate moleculară în jur de 1 milion daltoni. Moleculele de celuloză se asociază mai multe, pînă la 100 lanțuri liniare, în elemente structurale numite microfibrile de celuloză; acestea posedă o lățime cuprinsă între 5—20 nm (50—200 Å) și o lungime foarte mare în comparație cu lățimea, între 1—7 μm (1 000—7 000 nm; 10 000—70 000 Å).

*Hemicelulozele* sînt polimeri constituiți din 150 pînă la 200 monomeri ai unor monozaharide simple: xiloza, glucoza și manoza. Prin procedee chimice de separare s-a reușit să se izoleze două tipuri de polimeri prezenți în hemiceluloze: xilanii formați numai din xiloză, și glucomanozii compuși din glucoză și manoză.

*Pectinele* sînt polizaharidele cele mai ușor de extras din pereții celulari fiind ușor solubili. Investigațiile recente arată că ele sînt formate din L. arabinoză, L. galactoză și acid D. galacturonic.

*Lignina* este un polimer format din aproximativ 100 de unități de fenil propanoid.

În afara acestor substanțe, peretele celular mai conține proteine proprii, între 10—15% din greutatea substanței uscate, o mare cantitate de apă, pînă la 70% și o serie de ioni metalici solviți în apă.

Compoziția peretelui celular variază mai ales în funcție de vîrsta celulelor. În cazul celulelor tinere, din meristeme, alături de celuloză se află hemiceluloze. În pereții celulelor mature se află, în proporție destul de însemnată, lignină.

Structura peretelui celular a fost suficient de bine studiată atît cu ajutorul microscopului optic, cît mai ales cu cel electronic.

Formarea peretelui celular începe imediat după sfîrșitul telofazei, prin expunerea pe ecuatorul celulei-mame a unui șir de vezicule dense, elaborate de complexul Golgi, microtubuli ș.a., acestea, prin confluență, alcătuiesc formațiunea denumită *placă celulară*. Investigațiile chimice și citochimice au dus la concluzia că placa celulară conține polizaharide și proteine. Diametrul veziculelor din placa celulară este în jur de 100 nm (1 000 Å). Încă din timpul formării fragmoplastului, citoplasmele celor două celule în formare rămîn în strîns contact printr-o serie de fire protoplasmatice, cu diametrul aproximativ 400 nm (4 000 Å). Acestea vor forma ulterior așa numitele *plasmodesme* (gr. *plasma* -; *desmos* = legătură), filamente de protoplasmă care leagă toate celulele vii ale unui organism vegetal într-un unic sistem plasmatic, integral, ale cărui elemente, celulele, reacționează sincron și aproximativ în același mod față de factorii externi. Pentru denumirea acestui sistem plasmatic unic, integral, se poate folosi termenul de *sinplasmă* (gr. *syn*-; *plasma*-) (fig. 17).

În urma depunerilor de microfibrile de o parte și de alta a plăcii celulare se formează peretele celular primar, iar placa celulară devine lamelă mijlocie (mediană). Lamela mijlocie este formată, preponderent, din pectine care leagă între ei pereții primari ai celulelor învecinate.

*Peretele primar* este format predominant din microfibrile de celuloză încrucișate între ele și scufundate într-o substanță fundamentală sau matrice, formată din alte polizaharide și glicoproteine cu greutate moleculară mai mică decît microfibrilele de celuloză. Peretele celular primar este caracteristic pentru celulele meristematice. Acest perete rămîne tot timpul vieții celulei subțire și elastic. În procesul de creștere permite intercalarea de noi microfibrile în urma deformării sale plastice conform creșterii prin *intussuscepțiune* (lat. *intus* = înlăuntru și *„suscipere"* = a lua).

De îndată ce celula și-a săvîrșit creșterea și a atins dimensiunile normale pentru țesuturile mature, între conținutul viu al celulei și peretele celular primar se interpune *peretele secundar*. Formarea lui începe încă în perioada creșterii prin întindere a celulei. El este format din celuloză și alte substanțe. În dependență de țesutul vegetal și de specie, peretele secundar poate fi mai subțire sau mai gros, mai mult



BiblioTechnica 2013

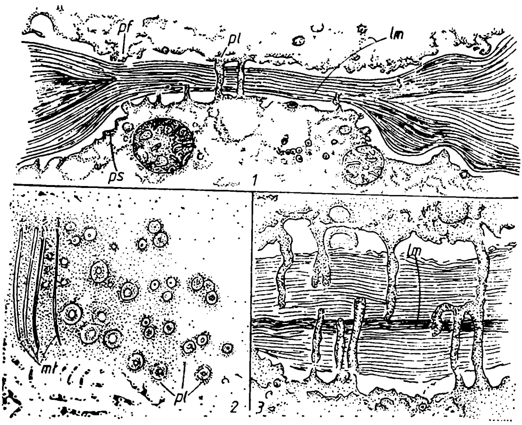



Fig. 17. Ultrastructura plasmodesmelor în pețiolul de la *Mimosa pudica*: *1, 3* — secțiuni longitudinale; *2* — secțiune transversală: *lm* — lamelă mijlocie; *mt* — microtubuli; *pf* — plasmodesme în formare; *pl* — plasmodesme; *ps* — plasmalemă (după o electronomicrofotografie d. K. Esau).

sau mai puțin rezistent, incolor sau colorat. Peretele secundar mai conține, în afară de celuloză, hemiceluloze și, în proporții diferite, lignină. El poate fi format din mai multe straturi, cel puțin trei, deosebindu-se fiecare din ele printr-o altă orientare a microfibrelor alcătuitoare. Hemicelulozele și pectinele formează elementele de cimentare ale acestor microfibrile, exact așa cum în betonul armat cimentul conferă soliditate scheletului metalic, din oțel, al constructorilor.

Înspre conținutul viu al celulei, mulți cercetători mai disting un strat de fibrile celulozice mai laxe, care ar forma așa numitul *perete terțiar*. El este mai bogat în proteine, fiind în esență o zonă de contact a plasmalemei și citoplasmei cu peretele celulozic (fig. 18).

Creșterea peretelui celular a fost amănunțit studiată în cazul mai multor tipuri de celule vegetale, dintre care interes deosebit îl prezintă formarea fibrelor de bumbac (*H. B. Brown* și *J. D. Ware*, 1958).

Perii maturi de pe semințele de bumbac (*Gossypium sp.*) pot să aibă o lungime cuprinsă între 1,25—3,75 cm. Celulele din care se dezvoltă acești peri sînt celulele epidermale ale semințelor de bumbac, avînd inițial dimensiuni de aproximativ 20×30 nm. Imediat după înflorire și fecundare începe creșterea, care în dependență de specie, de condițiile climatice, durează 13—20 zile. În acest timp, perii de bumbac se alungesc de 1 000 pînă la 3 000 × față de dimensiunea inițială a trichoblastelor (celulele epidermale-mamă ale perilor). Prin realizarea unui edificiu atît de mare și format preponderent din celuloză, părul în creștere trebuie să efectueze o uriașă biosinteză de polizaharide. Pentru a ne imagina „acest

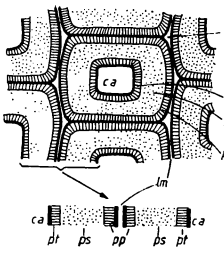



Fig. 18. Reprezentarea schematică a peretelui celular:
*ca* — cavitate celulară; *lm* — lamelă mijlocie; *pp* — perete primar; *ps* — perete secundar; *pt* — perete terțiar; *si* — spațiu intercelular (d. K. Mühlethaler și Frey-Wyssling).

efort" biochimic și celular este suficient să ne gîndim că, în secțiune transversală, părul de bumbac are o suprafață de aproximativ 300 $nm^2$ și că în această arie sînt cuprinse peste un miliard de molecule de celuloză. Întregul fir de bumbac conține, în pereții săi, cca 10 miliarde de molecule de celuloză, ceea ce înseamnă aproximativ $6 \cdot 10^{25}$ molecule de glucoză.

În afară de substanțele prezente în orice perete celular (celuloza, hemicelulozele și pectinele), în țesuturile mature pot avea loc depuneri de substanțe cu caracter hidrofob (cutina, suberina, cerurile) sau impregnări cu substanțe minerale insolubile (dioxidul de siliciu, carbonatul de calciu) ș.a. Cutina este prezentă în celulele epidermice, în special în pereții externi, care se află în contact cu aerul, avînd rolul de a împiedica pierderile mari de apă din organismul vegetal. Suberina și cerurile îndeplinesc un rol similar. Depunerile de dioxid de siliciu și carbonat de calciu conferă peretelui celular o rigiditate sporită în anumite circumstanțe.

**Vacuolele.** Reprezintă un constituent neviu, specific celulei vegetale unde poate să ajungă la dimensiuni impresionante. În celulele vegetale ale meristemelor și primordiilor, vacuolele sînt de regulă mici și mai multe la număr, avînd uneori dimensiuni sub puterea de rezoluție a microscopului optic. *A. Frey-Wyssling* și *K. Mühlethaler* (1965) consideră că vacuolele se pot forma pe mai multe căi: — din vezicule ale reticulului endoplasmic, — din veziculele dictiozomilor care formează aparatul Golgi, — din vezicule generate de plasmalemă în procesul denumit *pinocitoză*. În cursul diferențierii și creșterii celulare vacuolele își măresc dimensiunile și deseori se contopesc într-o singură vacuolă centrală, care ocupă întregul spațiu central sau lumen al celulei vegetale, în final, aproximativ 90% din volumul celular. Totalitatea vacuolelor dintr-o celulă alcătuiește *vacuomul*.

Conținutul vacuolei este foarte eterogen și constituie ceea ce se mai numește *sucul celular* (suc vacuolar). Acesta este de obicei lichid, fiind în mare parte format din apă în care se află dizolvate diferite săruri minerale, zaharuri, acizi organici și uneori pigmenți (antociani, flavone) care conferă țesuturilor în cauză culori diferite, mai ales în cazul petalelor.

În cazul vacuolelor cu conținut viscos (mucilagii) sau al celor cu conținut solid (cristale, coloizi deshidratați), proporția de apă din aceste cavități este foarte mică.

Vacuolele sînt înconjurate de o membrană plasmatică, cu o structură electronomicroscopică similară plasmalemei, denumită *tonoplast* (gr. *tonos* = tensiune; *plastos*-). Acesta este responsabil de permeabilitatea diferitelor substanțe din citoplasmă în vacuolă și de menținerea tonusului celular sau a turgescenței celulei vegetale prin presiunea osmotică a sucului celular, generată de sărurile minerale și sub-



CPreda Adrian 2013

stanțele organice micromoleculare. Cu cît concentrația substanțelor dizolvate în sucul celular este mai mare, cu atît acesta posedă o presiune osmotică mai ridicată, care poate fi măsurată la microscop prin tehnici plasmometrice, prin extragerea sucului celular și determinarea presiunii osmotice pe cale crioscopică (determinînd punctul de înghețare a sucului celular), sau prin refractometrie (determinarea indicelui de refracție al sucului celular).

Vacuolele constituie și spațiul în care sînt depozitați diferiți produși ai metabolismului secundar al plantelor cum sînt alcaloizii, glicosizii și alte substanțe.

Prezența în sucul celular a unor enzime specifice catabolismului celular determină pe unii cercetători să considere că vacuolele pot să îndeplinească, cel puțin parțial, în celula vegetală, funcțiile lizozomilor mai frecvenți în celulele animalelor.

## 1.6. Elemente de fiziologie celulară

Mulțimea structurilor intracelulare și extracelulare descrise și analizate permit o strictă compartimentare și o ordonată desfășurare a proceselor vitale. Celula constituie unitatea fundamentală și ultimă în care se petrec toate procesele de care depind menținerea și continuitatea vieții (pentru detalii vezi *P. S. Nobel*, 1970).

Celula vegetală, constituind din punct de vedere termodinamic un sistem deschis, existența ei se bazează pe un permanent schimb de substanță și energie cu mediul. Organismele vegetale monocelulare se află într-un contact mai apropiat cu mediul extern și resursele sale. Celula organismului vegetal pluricelular ia contact cu mediul extern prin intermediul țesutului, organului și organismului din care face parte.

Reacțiile chimice proprii metabolismului se petrec, fără nici o excepție, în mediul lichid. Pentru acest motiv, apa constituie componentul fundamental al oricărei celule vii. Conținutul în apă al celulelor vegetale variază în funcție de starea fiziologică a celulei, a organului cercetat și de specia investigată (mai ales cînd este vorba de adaptări specifice la un anumit mediu de trai). Limitele între care variază conținutul de apă în celule și organismele vegetale sînt foarte largi. În celulele frunzelor tinere de salată, dar și ale altor plante, se află pînă la 95% apă; în celulele rădăcinilor de morcovi, sfeclă, în tuberculii de cartofi, apa se află în proporție de aproximativ 85%, în timp ce în unele semințe și spori, cantitatea de apă nu este mai mare de 10%.

Apa în celula vie îndeplinește mai multe funcții: a) este mediul de difuzie a substanțelor (gaze, lichide și solide) solvite; b) contribuie prin proprietățile sale fizice la reglarea temperaturii celulare; c) constituie mediul ideal pentru desfășurarea tuturor reacțiilor chimice care se petrec în celulă; d) în cazul special al vegetalelor, prin dezvoltarea presiunii de turgescență apa este direct implicată în realizarea înfățișării (configurației spațiale) mai multor specii de plante etc.

Pentru aceste motive, o mare parte din activitatea celulei vegetale este legată de absorbția, transportul, reținerea și eliminarea apei din organism. Există cel puțin trei mecanisme responsabile pentru realizarea proceselor mai sus menționate. Absorbția apei se poate face pasiv, pe baza legilor fizice ale difuziei și osmozei, a deficitului de apă creat de existența curentului transpirator determinat de evaporarea unei mari cantități de apă prin intermediul organelor aeriene. Absorbția se poate face și activ, cu cheltuială de energie chimică potențială, provenită din respirație. În acest caz, avem de a face cu un soi de „pompare" a apei în celule și în afara celulei (excreție) prin mijlocirea unor mecanisme, în ultimă esență, moleculară. Rolul absorbției active a apei și proporția în care acest proces contribuie la bilanțul hidric al celulei și organismului vegetal sînt încă puțin cunoscute.



CoolLibris 2013

Necesitatea prezenței apei în organismul vegetal și al proceselor care contribuie la realizarea bilanțului hidric al vegetalelor se poate deduce din constatarea că, cea mai mare parte, în jur de 90%, dacă nu mai mult, este cheltuită în procesele legate de „economia" apei în celula vegetală.

În dependență de bilanțul hidric al organismelor și celulei vegetale se află procesele fizice și chimice determinante ale circulației substanțelor minerale și organice din celula vegetală. Importante sînt din punctul de vedere al modului autotrof de nutriție a plantelor, absorbția $CO_2$ și $H_2O$, materiile prime pentru sinteza substanței organice în celula vegetală cu ajutorul luminii solare. În afara acestor substanțe sinteza de substanțe organice necesită N, P și S, precum și prezența unor ioni minerali, ca K, Ca, Mg și alții. În consecință, un alt capitol extins al fiziologiei celulei vegetale este dedicat proceselor de absorbție, acumulare, distribuție și translocare a diverselor substanțe minerale în organismul vegetal.

Esența proceselor citofiziologice, în cazul celulei vegetale o constituie realizarea bioconversiei energiei luminoase în energie chimică potențială a substanțelor organice (fotosinteza). Fixarea energiei solare se face prin intermediul cloroplastului, în fapt prin absorbția luminii de către pigmenții asimilatori, în primul rînd clorofilele *a* și *b*.

Reacția sumară a fotosintezei poate fi exprimată astfel (fig. 19):

După cum se știe, în urma cercetărilor efectuate, mai cu seamă în ultimii 30 de ani, fotosinteza constituie un proces complex care se realizează în mai multe trepte. Principalele etape ale procesului sînt următoarele: 1) absorbția energiei luminoase de către pigmenții asimilatori; 2) transferul de electroni asociat cu formarea ATP (canalizarea și bioconversia energiei luminoase în energie chimică potențială a legăturii macroergice; procesul mai poartă și numele de fotofosforilare) și 3) cheltuirea unei mari părți din ATP sintetizat, în reacțiile de la întuneric, adică în acele reacții care nu depind direct de lumina solară absorbită (fixarea $CO_2$ și sinteza diverselor substanțe organice: glucide, proteine, acizi nucleici, lipide).

Eficiența energetică a fotosintezei se poate judeca după energia inclusă în produsul final (glucoza) și energia solară cheltuită pentru producerea glucozei.

Prin arderea unui mol de glucoză se obțin $CO_2$, $H_2O$ și 114 kcal conform reacției

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 114\ kcal.$$

Pentru sinteza glucozei în timpul fotosintezei se cheltuiesc 8 „moli" de cuante din partea roșie a spectrului luminii solare (L 680 nm), care conțin o cantitate de energie echivalentă cu 337 kcal.

Calculînd raportul dintre energia ieșită și intrată în reacție:

$$\frac{114}{337} \cdot 100 = 34\%$$

În realitate, această eficiență energetică nu este realizată niciodată în laborator și în natură din cauza pierderilor legice de energie sub formă de căldură, conform celui de al doilea principiu al termodinamicii.

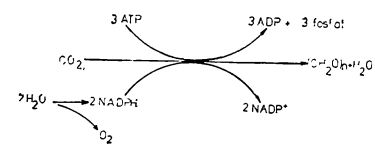



Fig. 19. Ecuația sumară a fotosintezei.

În condiții optime de laborator, cu cloroplaste izolate și culturi de alge unicelulare s-a obținut o eficiență de 9%, în culturile de cîmp experimentale, pentru plante cu o productivitate mare (porumb) sau foarte mare (trestie de zahăr) s-a obținut un randament al fotosintezei de 1—3%. În condițiile obișnuite ale mediului terestru și acvatic, randamentul global al fotosintezei este sub 1%. El variază în funcție de latitudine și altitudine, fiind mai ridicat în zonele tropicale și mai scăzut în cele reci și în regiunile muntoase.

Energia acumulată în timpul fotosintezei este, în mare parte, minimum 50%, maximum 80% eliberată pentru sintezele curente de substanță organică în celule și pentru întreținerea mai multor activități celulare între care absorbția activă a substanțelor organice și anorganice, translocarea lor în organismul vegetal, executarea mișcărilor proprii celulelor și organismelor vegetale, în procesele de creștere și ordonare a celulelor în structurile vii ș.a.m.d.

Procesul prin care se eliberează cantitatea de energie necesară desfășurării tuturor proceselor amintite este respirația celulară. Sediul acestui proces este mitocondria și disciplina care se ocupă în detaliu de producerea și consumul de energie în celula vie se numește bioenergetică.

Respirația este, într-un fel, reversul fotosintezei, fiindcă în timpul ei glucoza sintetizată în urma fixării energiei solare este degradată pînă la $CO_2$ și $H_2O$, iar energia obținută este folosită în diverse „travalii" ale celulei vegetale și pierdută sub formă de căldură. Reprezentarea schematică a relațiilor dintre fotosinteză și respirație o redăm alăturat după *P. S. Nobel* (1970) (fig. 20).

Cele două procese complementare: fotosinteza și respirația constituie, la scară globală, două procese cheie în realizarea stării staționare a marelui echilibru biologic al biosferei, prin care cantitățile de $CO_2$ și $H_2O$ consumate în fotosinteză se refac în respirație, iar cantitatea de $O_2$ eliberată în timpul fotosintezei se cheltuiește pentru întreținerea respirației. Cîte organisme vegetale și animale, cîte celule autotrofe și heterotrofe sînt implicate în menținerea echilibrului amintit nu se poate ști cu precizie. Mulțimea lor este de ordinul unei cifre astronomice.

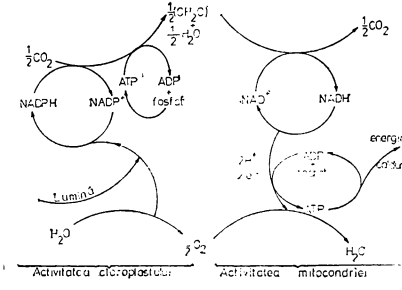



Fig. 20. Reprezentarea schematică a relațiilor dintre fotosinteză și respirație.

CAPITOLUL II

# 2. HISTOLOGIA

Toate plantele care se reproduc pe cale sexuată își au originea într-o singură celulă numită *ou* sau *zigot*, rezultată din contopirea a două celule specializate, de sex opus.

La embriofite (gr. *embryon-*; *phyton-*;), din celula ou se formează, prin diviziuni mitotice succesive un masiv celular, nediferențiat din punct de vedere funcțional, numit *embrion*. Pe măsură ce embrionul se transformă în plantulă, unele dintre celulele sale își modifică atît forma cît și conținutul, adică se diferențiază. Paralel cu acest proces morfo-structural celula capătă și funcții speciale pe care le va îndeplini în organismul plantei adulte. Alte celule din embrion, mai puține la număr se conservă în planta adultă, rămînînd nemodificate, nediferențiate, cu caracter embrionar.

**Histologia** (gr. *histos* = țesut; *logos-*;) este acea parte din anatomia plantelor care se ocupă cu studiul țesuturilor vegetale.

Prin *țesut* se înțelege o grupare *permanentă* de celule de aceeași formă și origine, sau de formă și origine diferite, *interdependente*, care îndeplinesc, de obicei, aceeași funcție. Din această definiție rezultă că celulele care alcătuiesc un țesut sînt *unite* între ele (prin intermediul lamelei mijlocii și a plasmodesmelor) alcătuind o *unitate* anatomică permanentă, cu nivel de organizare și eficiență superioare celulei.

Țesuturile propriu-zise sînt caracteristice plantelor superioare, inclusiv unor talofite ale căror celule au suferit în ontogenia și filogenia lor un proces de diferențiere și specializare, ca răspuns la condițiile de viață mereu schimbătoare. Avînd în vedere acest fapt, plantele al căror corp este alcătuit din țesuturi sau din numeroase țesuturi sînt superioare structural și filogenetic celor lipsite de țesuturi sau cu țesuturi în număr mic.

## 2.1. Țesuturi false și țesuturi adevărate

Avînd în vedere definiția de mai sus nu orice grupare de celule poate să constituie un țesut. Așa de pildă, unele organisme unicelulare pot, în anumite condiții, după diviziunea repetată a singurei celule, să rămînă unite într-o masă comună mucilaginoasă, alcătuind structuri multicelulare. Asemenea formațiuni cum sînt *zooglea* la unele bacterii, *agregatele* sau *cenobiile* la unele alge inferioare, se deosebesc de țesuturile adevărate prin aceea că celulele respective separate din această asociație, în condiții obișnuite pot să-și ducă viața independent de restul celulelor din care au fost desprinse (fig. 21). La rîndul lor celulele rămase în grup nu sînt afectate de separarea uneia sau cîtorva celule. Aceasta se datorește faptului că ce-



BCU Cluj / Central University Library Cluj

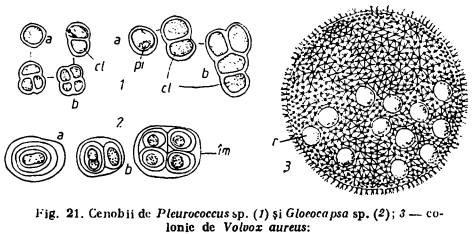



Fig. 21. Cenobii de *Pleurococcus* sp. (*1*) și *Glorocapsa* sp. (*2*); *3* — colonie de *Volvox aureus*:
*a* — celule izolate; *b* — cenobii în diferite stadii de diferențiere; *cl* — cloroplast (cromatofor); *îm* — înveliș mucilaginos; *pi* — pirenoid; *r* — celule cu rol de înmulțire (d. M. Andrei).

lulele care se grupează în zooglee sau cenobii nu funcționează ca unități integrate, nu depind unele de altele. Cu cît celulele sînt mai diferențiate structural și funcțional cu atît dependența (gradul de integralitate) al acestora este mai mare, cu atît organismul respectiv se află pe o treaptă evolutivă mai înaltă.

Trecerea de la structurile amintite la țesuturile propriu-zise se face prin intermediul *coloniei celulare* socotită ca formațiune histoidă, care se apropie mai mult de țesuturile adevărate. Așa de exemplu unele volvocale pluricelulare, cum sînt genurile *Gonium* (4—16 celule), *Volvox* (15—20 000 celule) ș.a., rămîn toată viața în stadiul de plante pluricelulare, menținîndu-se nealterată unitatea individului respectiv. Cu alte cuvinte, celulele care intră în alcătuirea coloniilor sînt *interdependente*, ele se comportă, atît anatomic, cît și fiziologic ca *un întreg*, ca un tot, pe toată perioada de vegetație. Celulele sînt legate laolaltă atît prin plasmodesme cît și printr-un înveliș gelatinos comun. Prin urmare, superioritatea coloniilor față de celelalte structuri precoloniale, constă în *integralitatea* celulelor care le constituie. Într-un anumit sens, unele alge filamentoase pluricelulare cum sînt *Spirogyra sp.* ș.a., ar putea fi interpretate ca aparținînd coloniilor deoarece fiecare celulă a talului se poate divide transversal, contribuind la creșterea în lungime a acestuia; în același timp fiecare celulă fiind divizibilă, poate da naștere unui nou tal.

Corpul vegetativ al ciupercilor numit miceliu, este alcătuit din celule filamentoase cenocitice sau filamentoase septate, pluricelulare numite *hife*. Adesea hifele se împletesc și chiar concresc între ele dînd naștere unui țesut fals numit *plehtenchim* (gr. *plektos* = împletit, adunat; reunit; *enchyma* = umplutură). Se cunosc două tipuri de plehtenchim: *prozoplehtenchim* (gr. *pros* = către; *plektos-*; *enchyma*) și *paraplehtenchim* (gr. *para* = alături, de lîngă; *plektos-*; *enchyma-*) sau *pseudopa-renchim* (gr. *pseudos* = fals, aparent; *plektos-*; *enchyma-*).

Nu numai la ciuperci, dar și la multe alge superioare evoluate întîlnim țesuturi reprezentate prin prozoplehtenchime. La *Furcellaria* sp., *Dumontia* sp., *Chondrus* sp., ș.a. (*Rhodophyta*) prozoplehtenchimul rezultă din împletirea sau întreteserea celulelor numite *pleuridii*. În acest caz, elementele constitutive, heterodiametrice fiind lax împletite, pot fi ușor distinse în secțiune transversală sau longitudinală; paraplehtenchimul este alcătuit din filamente sau hife strîns împletite între ele (fig. 22).

Numărul de plehtenchime sau țesuturi la ciuperci corespunde după *O. Săvulescu* (1964) numărului de țesuturi veritabile descrise la plantele superioare. Au fost

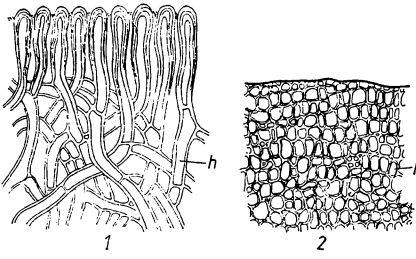



Fig. 22. Structura plehtenchimului:
*1 — Polyporus lucidus* — prozoplehtenchim în secțiune longitudinală; *2 — Claviceps purpurea* — paraplehtenchim în secțiune transversală prin sclerot: *h* — hife micelene (d. M. Andrei).

descrise plehtenchime *de creștere* sau *formatoare, conducătoare, de protecție* (*dermul*: *himeniderm, palisadoderm, trihoderm, paraderm, cutisul, cortexul*), *plehtenchime mecanice de rezervă, de eliminare, de mișcare* ș.a.

**Histogeneza.** Formarea țesuturilor poartă numele de *histogeneză*. Așa cum s-a arătat, prin țesut se înțelege o asociație permanentă de celule, interdependente, specializate în îndeplinirea unei anumite funcții. Celulele se pot asocia în diferite feluri: unele se așază cap la cap spre a forma un filament (*Spirogyra* sp., *Cladophora* sp.,); alteori celulele se așază unele lîngă altele într-un singur plan formînd o lamă ca la alga marină *Monostroma* sp. În ambele situații nu putem vorbi de țesuturi deoarece celulele talului îndeplinesc toate funcțiile vitale caracteristice.

De cele mai multe ori însă celulele se dispun în diferite planuri formînd masive celulare, cu o anumită sarcină fiziologică, așa cum se întîlnește în alcătuirea unor taluri și în organele plantelor superioare. Spre deosebire de țesuturile false, țesuturile adevărate se formează exclusiv prin diviziune celulară, din țesuturi meristematice. La început gruparea de celule astfel formată este lipsită de meaturi sau spații intercelulare. La scurt timp însă, pe măsura diferențierii celulare se formează pe cale *schizogenă* (gr. *schizo, schizein* = a despica, a crăpa; *genesis-*), *lizigenă* (gr. *lisis* = topire, lichefiere; *genesis-*), *rexigenă* (gr. *rexis* = rupere; *genesis-*), sau combinații între acestea, un sistem coerent de spații intercelulare.

Prin urmare, într-un țesut veritabil, între celulele care îl alcătuiesc, adesea se află spații sau goluri, care privite în secțiune transversală au forma dreptunghiulară și poartă numele de *meaturi* (lat. *meatus* = spațiu gol) sau spații intercelulare. În țesuturile de la plantele care cresc pe soluri umede, aceste spații sînt mari, din care motiv se și numesc lacune intercelulare. În cazul formării spațiilor intercelulare pe cale schizogenă, are loc o simplă despicare a lamelei mijlocii care începe cu colțurile celulelor și se continuă pe laturile acestora. Se produce, ca urmare, îndepărtarea celulelor adiacente și formarea unui spațiu triunghiular.

Cînd are loc topirea sau gelificarea pereților celulari de la una sau cîteva celule se spune că spațiile intercelulare sînt de origine *lizigenă*. Uneori spațiile intercelulare pot proveni pe cale *rexigenă* adică din ruperea pereților celulari determinată de tensiunile ce au loc în timpul creșterii unui organ. Formarea spațiilor



CDPedAlmis 2013

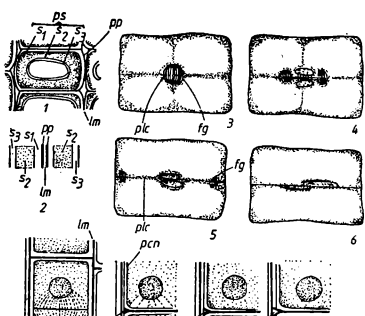



Fig. 23. Formarea spațiilor intercelulare:
*1* — schema peretelui celular în secțiune transversală; *2* — aceeași în secțiune longitudinală; *3—6* — stadii ale citochinezei; *7—10* — formarea noului perete și a spațiilor intercelulare; *fg* — fragmoplast; *lm* — lamelă mijlocie; *pcm* — peretele celulei mame; *pcn* — perete celular nou format; *plc* — placă celulară; *pp* — perete primar; *ps* — perete secundar; $s_1$ — strat extern; $s_2$ — strat median; $s_3$ — strat intern; *si* — spațiu intercelular (d. M. Andrei).

intercelulare poate să aibă loc și pe cale *schizo-lizigenă* (ex. formarea ostiolei stomatelor) (fig. 23).

Țesuturile adevărate sînt specializate pentru îndeplinirea unei anumite funcțiuni; celulele care le alcătuiesc sînt prevăzute cu punctuațiuni corespondente prin care trec plasmodesmele. Grație acestor particularități țesuturile alcătuiesc o *unitate fiziologică* și *anatomică permanentă*.

În afară de plasmodesme într-un țesut adevărat celulele sînt legate unele de altele prin *lamela mijlocie* de natură pectică. Peretele despărțitor dintre două celule este așa deci format din trei lamele: una mijlocie de natură pectică și două, de o parte și de alta, de natură celulozică.

## 2.2. Principii de bază în organizarea țesuturilor adevărate

Țesuturile vegetale sînt organizate după următoarele principii:

1. *Principiul specializării funcționale.* Plantele lipsite de țesuturi adevărate au corpul alcătuit din celule asemănătoare morfo-anatomic și fiziologic; ele îndeplinesc, în general, mai multe funcțiuni. La plantele superioare dimpotrivă, observăm o tendință pronunțată spre o specializare în vederea îndeplinirii de către un țesut a unei singure funcțiuni.

2. *Principiul măririi suprafeței de contact cu mediul exterior.* Pentru ca planta să-și poată asigura hrana, ea are nevoie, ca suprafața de contact cu mediul încon-

jurător (sol, mediu acvatic, aer) să fie cît mai mare. Acest principiu poate fi ușor verificat la rădăcini și la frunzele plantelor acvatice submerse (*Myriophyllum* sp., *Ceratophyllum* sp., *Potamogeton gramineus* ș.a.).

3. *Principiul susținerii.* Pentru a ocupa un loc în spațiu potrivit cerințelor sale fiziologice planta are nevoie de un sistem de țesuturi de susținere, corespunzător fitomasei sale. Așa se explică de ce la plantele acvatice acesta este slab reprezentat sau chiar lipsește în timp ce la plantele terestre atinge maximum de dezvoltare și de perfecționare.

4. *Principiul economiei de material.* În general, la alcătuirea organelor sale, planta folosește materialul plastic cu maximum de economie. Acest principiu poate fi verificat la formarea și repartizarea țesuturilor mecanice (de susținere), țesuturi care sînt distribuite în corpul plantei în așa fel încît cu minimum de material să se realizeze rezistența maximă la îndoire, tracțiune, rupere etc.

Rezultă că diversitatea țesuturilor vegetale, polimorfismul lor, este o consecință a integralității lor. Aceasta conferă, în ultimă instanță unui țesut o anumită funcțiune fiziologică care nu poate fi îndeplinită decît dacă structura celulelor și dispoziția lor sînt adecvate acelei funcțiuni. Țesuturile adevărate s-au format ca rezultat al diferențierii, al specializării structural-funcționale a celulelor componente. Vorbim de țesuturi adevărate atunci cînd gruparea de celule considerată nu se abate de la nici una din următoarele particularități:

1. Celulele componente ale grupării sînt legate între ele prin lamele mijlocii și plasmodesme, alcătuind o *unitate anatomică permanentă.*

2. Celulele sînt specializate în îndeplinirea unei funcțiuni fiziologice, constituind o *unitate fiziologică.*

3. Celulele unui țesut adevărat sînt interdependente, ele fiind subordonate organului, respectiv organismului din care fac parte.

Dacă una din cele trei condiții nu este satisfăcută gruparea de celule respectivă poate fi numită *cenobiu, colonie* sau *țesut fals.*

## 2.3. Clasificarea țesuturilor

Țesuturile care alcătuiesc organele cormofitelor pot fi clasificate după mai multe criterii și anume: forma celulelor, gradul de dezvoltare și diferențiere al celulelor, compoziția chimică a pereților celulari, funcția pe care o îndeplinesc, prezența sau absența protoplastului etc. O clasificare științifică a țesuturilor vegetale care să țină seama de toate aceste criterii nu a fost încă elaborată. Aceasta nu a fost posibilă și din următoarele considerente:

1. Celule de *origine diferită* pot îndeplini, la un moment dat, același rol fiziologic, în urma modificărilor morfo-structurale pe care le suferă în ontogenia plantei.

2. Celule de *aceeași origine* pot să se deosebească fundamental unele de altele atît morfo-structural, cît și fiziologic; celule provenite din meristeme diferite pot fi extrem de asemănătoare.

3. Celule de formă, structură și origine diferite pot îndeplini același rol fiziologic.

Considerentele de mai sus evidențiază complexitatea clasificării țesuturilor și în același timp demonstrează că originea, structura, funcția, forma celulelor sau topografia acestora, luate „ad litteram" nu pot defini un țesut unitar. Oricînd se pot identifica corelații între structura celulelor și funcția acestora; nu există țesuturi fără funcție și dacă sînt totuși, ele sînt extrem de rare și se pot explica prin pierderea funcției în ontogenie sau filogenie. Corelația dintre structură și

funcție a fost stabilită de *S. Schwendener* (1874) și folosită de *G. Haberlandt* (1884) în clasificarea țesuturilor vegetale.

Luînd în considerare criteriile de mai sus, *I. Grințescu* (1928) distinge după gradul de dezvoltare și diferențiere al celulelor: țesuturi *meristematice* sau *embrionare* și țesuturi *definitive*; — după compoziția chimică a pereților celulari, țesuturi *lignificate* și *suberificate*; — după forma celulelor, țesuturi *parenchimatice* cînd celulele sînt izodiametrice și *prozenchimatice* cînd celulele sînt heterodiametrice;

*G. Haberlandt* (1884) este primul care pune bazele unei clasificări anatomofiziologice a țesuturilor. În sistemul său deosebește cu valoare echivalentă, țesuturi, sisteme, organe, structuri; el separă 12 categorii de țesuturi:

1. Țesuturi formatoare (meristeme)
2. Sistemul epidermal
3. Sistemul mecanic
4. Sistemul absorbant
5. Sistemul asimilator
6. Sistemul conducător
7. Sistemul țesuturilor de înmagazinare a materiilor de rezervă
8. Sistemul aerifer
9. Organele de secreție și excreție
10. Țesuturile de mișcare
11. Organele de simț
12. Structuri și țesuturi conducătoare pentru excitanți.

Trebuie să subliniem că în literatura mai veche și mai recentă țesuturile specializate, împreună cu elementele histologice accesorii dependente între ele, care concură la îndeplinirea funcției fiziologice respective sînt considerate *sisteme de țesuturi*. Un sistem de țesuturi reprezintă deci o grupare morfologică și funcțională de celule interdependente care coexistă într-un întreg și care îndeplinesc o anumită funcțiune.

Ținînd seama de considerentele expuse, *M. Andrei* (1975, 1978) grupează țesuturile vegetale în 5 mari sisteme:

I. Sistemul generator:
   — meristeme primordiale (promeristeme)
   — meristeme primare
   — meristeme secundare
II. Sistemul protector (apărător)
   — epiderma (rizoderma)
   — exoderma
   — endoderma
   — periderma
III. Sistemul conducător
   — xilem
   — floem
   — parenchim conducător
IV. Sistemul fundamental
   — parenchim asimilator
   — parenchim acvifer, aerifer, de înmagazinare a substanțelor de rezervă
   — colenchimul și sclerenchimul
V. Sistemul țesuturilor speciale
   — structuri secretoare
   — țesuturi de separație
   — țesuturi senzitive

Cele 5 sisteme de ţesuturi îşi au originea: sistemul generator direct din zigot; sistemul conducător în procambiu sau plerom; sistemul protector în protoderma sau dermatogen; sistemul fundamental şi sistemul ţesuturilor speciale în meristemul fundamental.

## 2.3.1. Sistemul generator

Meristemele (gr. *meristos* = divizibil), numite încă: ţesuturi de origine, ţesuturi formatoare, ţesuturi embrionare. Meristemele sînt ţesuturi formative cu caracter embrionar care determină creşterea şi dezvoltarea plantei, formarea celulelor reproducătoare. Aşa cum se ştie embrionul îşi are originea în zigot. În primele etape de dezvoltare ale embrionului toate celulele acestuia se divid în mod egal dînd naştere *ţesutului embrionar*.

Odată cu creşterea şi dezvoltarea embrionului diviziunea celulară (şi ca urmare înmulţirea celulelor) se restrînge numai la anumite părţi ale acestuia. Pe măsura alungirii şi maturizării plantulei şi apoi a plantei, ţesuturile embrionare se fragmentează şi se distanţează între ele intercalîndu-se ţesuturile definitive. În acest fel ţesutul embrionar iniţial unitar şi limitat la forma embrionului, se repartizează şi se localizează în vîrfurile axelor supra- şi subterane ale plantei adulte. Acest ţesut embrionar care nu s-a epuizat în procesul creşterii şi dezvoltării plantei şi care se conservă în corpul matur al plantei, alcătuit din ţesuturi definitive (mature), a fost denumit *meristem*.

Localizarea meristemelor numai în vîrfurile vegetative ale axelor sau la o anumită distanţă de vîrful vegetativ, în cazul meristemelor intercalare, este rezultatul unui lung proces de evoluţie în cursul căreia funcţia diviziunii celulare, a formării de noi celule, a fost preluată de meristeme. Diviziuni celulare se pot petrece şi în alte ţesuturi vii, definitive, dar ele au un caracter limitat. Spre deosebire de acestea, meristemele se caracterizează printr-o activitate *nelimitată* care duce atît la formarea de celule noi cît şi la reproducerea permanentă a acestora din urmă.

Ţesuturile embrionare conservate în vîrfurile vegetative sînt reprezentate de o singură *celulă iniţială* sau de mai multe celule iniţiale numite *iniţiale apicale*. Produsele celulelor iniţiale cele mai îndepărtate (cele mai vîrstnice), se diferenţiază treptat în elemente caracteristice diferitelor sisteme de ţesuturi. Celulele pe cale de diferenţiere capătă la început caractere care le deosebesc de celulele iniţiale din care au derivat. Mai tîrziu, specializîndu-se încep să se deosebească şi de celelalte derivate ale celulelor iniţiale de aceeaşi vîrstă. Rezultă de aici că formarea ţesuturilor definitive din activitatea celulelor meristematice nu epuizează ţesutul meristematic respectiv. Acesta rămîne permanent în vîrfurile vegetative, după cum vom vedea mai departe. Celulele care se diferenţiază pierd treptat caracterele embrionare, transformîndu-se în cele din urmă în ţesuturi *definitive* (mature, adulte, permanente). Tehnica culturilor de celule şi ţesuturi pe medii nutritive riguros controlate, a scos în evidenţă că celule sau ţesuturi definitive în aceste condiţii îşi recapătă proprietăţile mitotice, meristematice şi încep să se dividă. Rezultă că termenul de ţesut definitiv nu trebuie interpretat „ad litteram" şi că atîta timp cît celulele definitive sînt vii ele au capacitatea, cu unele excepţii, de *dediferenţiere*.

### 2.3.1.1. Caracterele citologice ale meristemelor

Celulele meristemelor au o structură variabilă şi nu se pot deosebi fundamental de cele ale ţesuturilor vii definitive. Există totuşi unele deosebiri. În general, celulele meristematice sînt lipsite de substanţe ergastice, cel puţin în timpul divi-



©Biblioteca Digitala 2013

ziunii lor mitotice şi adesea de organite celulare cu capacitate funcţională maximă. Cu toate acestea, se citează exemple de celule meristematice care conţin cloroplaste (felogen), granule de amidon, tanin (cambiul generator de raze medulare), alte substanţe de rezervă (celulele unor embrioni). Forma şi dimensiunile celulelor meristematice sînt de asemenea variabile. De la forma izodiametrică (meristeme apicale), pînă la cea heterodiametrică de tip fusiform (cambiul vascular şi subero-felodermic) se întîlnesc diferite forme intermediare. Pe de altă parte, peretele celular, în general subţire, de natură pectocelulozică, poate prezenta îngroşări vizibile şi chiar punctuaţiuni, în unele zone ale meristemelor apicale.

În ceea ce priveşte dispoziţia microfibrilelor în pereţii celulari, aceasta poate să fie difuză spre lamela mijlocie şi mai mult sau mai puţin transversală spre cavitatea celulară. În spaţiile intermicrofibrilare se află pectină şi hemiceluloză. Pereţii subţiri ai celulelor meristematice uşurează mult fluxul de substanţe nutritive, foarte importante pentru metabolismul lor extrem de intens. Microscopia electronică a mai pus în evidenţă: citoplasmă fundamentală bogat tapisată cu ribozomi, plastide, mitocondrii, dictiozomi, RE, vacuole mici invizibile la microscopul fotonic ş.a.

Legătura morfofuncţională între celulele meristematice se realizează prin plasmodesme de către plasmalemă, prin intermediul microtubulilor fragmoplastici (v. fig. 17).

Spre deosebire de citoplasma fundamentală care este bogată în ribozomi, de unde bazofilia ei, RE este în general sărac sau chiar lipsit de ribozomi. În celulele meristemului radicular de la *Allium cepa* şi *Raphanus sativus* au fost evidenţiate asociaţii între ribozomi RE şi microtubuli. Aceştia din urmă sînt dispuşi în număr mare în apropierea pereţilor celulari, paralel cu microfibrilele de celuloză. Această dispoziţie a fost remarcată în interfaza celulelor meristematice din rădăcina de *Phleum* sp. În timpul diviziunii mitotice o parte dintre microtubuli se deplasează în zona centrală a celulei pentru a lua parte la organizarea fusului de diviziune.

Nucleul celulelor meristematice este voluminos şi dispus central. Nucleoplasma apare cu structură granulară ca şi la microscopul optic. Raportul nucleoplasmatic este foarte ridicat. Plastidele şi o parte din mitocondrii se află sub formă de proplastide, respectiv de promitocondrii.

În celulele meristematice cu metabolism intens mitocondriile sînt slab ovale, puternic compartimentate şi bogate în enzime oxidoreducătoare. Dictiozomii evidenţiaţi în celulele meristematice se prezintă sub formă de structuri distincte şi în număr relativ mare. Se poate afirma că din punct de vedere citologic celulele meristematice nu se deosebesc esenţial de celulele vii ale ţesuturilor definitive. O caracteristică a meristemelor o constituie lipsa spaţiilor intercelulare, deşi acestea sînt prezente între derivatele celulelor iniţiale care încă se mai divid (cazul meristemelor din unele rădăcini).

O altă caracteristică a celulelor meristematice o constituie reacţia lor puternică la peroxidază, enzimă prezentă la începutul şi în timpul diviziunii celulare. Prezenta acestei enzime în ţesuturile meristematice reflectă o intensă activitate metabolică.

Specialiştii sînt de părere că nu se poate descrie o celulă *meristematică tipică* din punct de vedere morfo-fiziologic. Din acest motiv s-a sugerat utilizarea termenului de *eumeristem* sau meristem propriu-zis pentru acele meristeme alcătuite din celule mici, aproximativ izodiametrice cu pereţii subţiri, celulozici, bogate în citoplasmă cu o vacuolizare redusă, fără sau cu spaţii intercelulare extrem de mici.

### 2.3.1.2. Caracterul creşterii meristemelor

Meristemele se caracterizează printr-o activitate mitotică sezonieră sau continuă şi, într-o oarecare măsură, prin fenomenul *creşterii*. Creşterea şi activitatea mi-

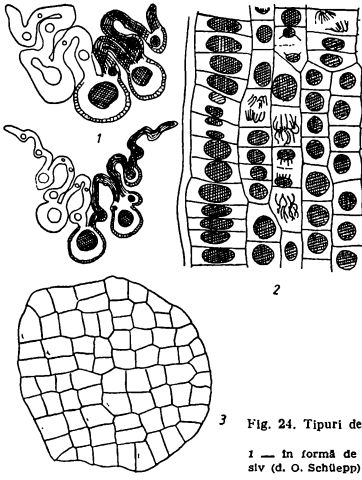


Fig. 24. Tipuri de meristeme după caracterul creşterii:
*1* — în formă de placă; *2* — axial; *3* — masiv (d. O. Schüepp).

totică a celulelor meristematice se află întotdeauna într-un anumit echilibru. În condiţiile diferenţierii celulare intense, are loc o reducere a diviziunilor celulare în timp ce creşterea continuă.

După particularităţile de creştere meristemele se împart în trei grupe: *meristeme masive, meristeme în formă de placă* şi *meristeme axiale* sau în *şiruri longitudinale.*

*Meristemul masiv* se caracterizează prin diviziuni celulare în trei direcţii ale spaţiului, în urma cărora rezultă corpuri izodiametrice, sferoidale sau de altă formă. Meristeme masive se întîlnesc în organele reproducătoare şi embrionii tineri. În anteridii, din meristemul masiv se formează anterozoizii (*Marchantia polymorpha* ş.a.), în sporangi (*Botrychium* sp. ş.a.) se formează sporii, în sacii polinici granulele de polen etc. Subliniem că celulele meristemului masiv reproducător generează elementele reproducătoare sexuate după două mitoze postmeiotice.

*Meristemul în formă de placă* se caracterizează prin diviziuni predominant anticlinale; ca urmare, rezultă o creştere în suprafaţă, în formă de placă unistratificată. Meristemul în formă de placă apare în frunzele tinere, plane ale dicotiledonatelor.

*Meristemul axial* sau *în şiruri longitudinale,* creşte prin diviziuni celulare în care pereţii despărţitori noi sînt orientaţi perpendicular atît faţă de axa longitudinală a celulelor cît şi a organului respectiv. Meristemele axiale dau naştere la corpuri cilindrice; ele sînt frecvent întîlnite la rădăcini, tulpini, peţioluri tinere şi nervuri.

Meristemele în formă de placă şi axiale au o activitate mitotică îndelungată. Ele generează cele două forme geometrice fundamentale ale corpului plantei: forma



CarteAzaza 2013

plană, subțire a frunzei și forma cilindrică, alungită a rădăcinii, tulpinii etc. (fig. 24).

### 2.3.1.3. Clasificarea meristemelor

După originea și gradul lor de creștere și dezvoltare, meristemele pot fi împărțite în trei mari categorii: *meristeme primordiale*, *meristeme primare* și *meristeme secundare*.

*Meristeme primordiale* (promeristeme, eumeristeme). Rezultă din diviziunea zigotului. Embrionul, în primele lui faze de dezvoltare este format exclusiv din țesut embrionar alcătuit din celule totipotente. Aceasta reprezintă sursa meristemului primordial întîlnit în planta adultă, reprezentat de numeroase celule inițiale. La germinarea seminței, embrionul se transformă într-o plantulă apoi în plantă în corpul căreia se pot identifica deja toate cele trei meristeme menționate (fig. 25). Dar în plantulă ca și în planta adultă, meristemul primordial se găsește localizat în vîrfurile de creștere ale axelor supraterane și subterane.

Meristemul primordial și derivatele sale cele mai apropiate din vîrful vegetativ al tulpinii și ramificațiilor sale este protejat de primordiile viitoarelor frunze și de catafile, iar cele din rădăcină și radicele de piloriză. După cum vedem meristemul primordial ocupă vîrfurile de creștere, numite *vîrfuri vegetative meristematice*, ale plantelor vasculare. Mai trebuie să precizăm că printre celulele meristemului primordial cele dintîi celule considerate în ordinea apariției lor sînt celule ceva mai mari. Acestora li s-a dat numele de *celule inițiale* sau *apicale inițiale*.

La formarea pereților despărțitori într-o celulă inițială se observă o anumită regulă: pereții noi se dispun totdeauna perpendicular pe pereții vechi. În ce privește orientarea noilor pereți celulari față de suprafața unui organ, deosebim *pereți anticlinali* (radiali), adică perpendiculari pe suprafața organului și *pereți periclinali* (tangențiali), paraleli cu suprafața organului.

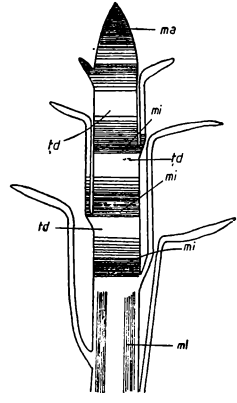



Fig. 25. Poziția meristemelor în corpul plantei: *ma* — meristem apical; *mi* — meristem intercalar; *mi* — meristem lateral; *td* — țesuturi definitive (d. V. H. Tutaluk).

O celulă inițială prezintă particularitatea că după ce a dat naștere, prin diviziune, unei celule fiice ea își recapătă, prin creștere forma, mărimea și poziția în vîrful vegetativ, pe care le-a avut înainte de diviziune. La rîndul lor celulele fiice (celule segment, celule derivate), rezultate din diviziunea celulei inițiale, păstrează un anumit timp caracterul de celule meristematice, adică continuă să se dividă mitotic. La fiecare diviziune a celulei inițiale se obțin două celule fiice inegale, dintre care una (cea mai mică) primește din nou însușirea de celulă inițială, iar a doua reprezintă *celula segment*, celulă derivată. Totalitatea celulelor segment împreună cu inițialele corespunzătoare constituie *meristemul primordial* sau *promeristemul*. După un oarecare interval de timp, celulele derivate situate la o anumită distanță de punctul inițial de formare, încep să se deosebească morfologic și citologic; ele vor furniza material celular pentru *meristemele primare*, iar acestea din urmă pentru *țesuturile definitive*.

Țesutul primordial își are originea în una sau mai multe celule inițiale. Avînd în vedere această geneză, meristemul primordial (promeristemul) poate fi:

a) meristem primordial, fără celule inițiale;

b) meristem primordial provenit dintr-o singură celulă inițială;

c) meristem primordial provenit din mai multe celule inițiale (inițiale apicale).

**Meristemul primordial fără celule inițiale** (talomeristem).

Cunoscut în literatură și sub numele de promeristem fără celule inițiale. Denumirea este improprie deoarece are o altă origine decît meristemele provenite din celule inițiale ale plantelor superioare. Din acest motiv vom denumi *talomeristeme* țesuturile cu caracter meristematic de la talofite. Denumirea se referă la celulele unor alge pluricelulare care au capacitatea de a se divide pentru a da naștere talului de formă sferică sau de disc (placă). La *Melobesia* sp. (*Floideae*) ș.a. talomeristemul este reprezentat de celulele marginale ale talului care determină creșterea în suprafață a acestuia. Celulele marginale, echivalente din punct de vedere mitotic, se divid prin pereți periclinali, paraleli cu suprafața, centrifugal, dînd naștere unor șiruri de celule în evantai. La *Stypopodium atomarium* talomeristemul este ceva mai localizat, determinînd o creștere mai rapidă într-o anumită direcție, de obicei în lungime. Se înțelege că în acest caz creșterea în lungime este mai activă decît creșterea în lățime.

La numeroase talofite pluricelulare, numai o anumită celulă situată la periferia sau la extremitatea talului apare ca singura celulă de la care se pot deriva genetic toate celelalte celule ale talului. Această celulă mamă periferică care ocupă vîrful talului poartă numele de *celulă apicală*.

**Meristemul primordial provenit dintr-o singură celulă inițială.** Creșterea apicală cu o singură celulă inițială se întîlnește la unele alge, la mușchi și la majoritatea feriglilor. Din celula apicală (terminală), printr-un perete transversal ușor bombat se formează două celule fiice inegale; celula segment este mai mare decît celula fiică. Aceasta din urmă ajungînd la mărimea inițială, se divide din nou, în modul arătat mai sus, formînd în cele din urmă *meristemul primordial*. Forma celulelor apicale este diferită la diferite grupe de plante (fig. 26).

**Celula apicală (terminală) în formă de mamelon sau lentilă.** Creșterea apicală cu acest tip de celulă se întîlnește la unele alge cum sînt: *Sphacelaria* sp., *Cladostephus* sp., *Stypopodium* sp., *Halopteris* sp. ș.a. La aceste plante celula apicală ocupă întregul vîrf de creștere al talului. La *Sphacelaria scoparia* (*Phaeophyta*) celula apicală se divide prin pereți transversali succesivi în urma cărora se formează tot atîtea celule segment, în rînduri suprapuse. Fiecare celulă segment se divide în cîte *două celule prin cîte un perete transversal. În fiecare celulă se formează în curînd* pereți longitudinali care duc la formarea cvadranților și, în final, la diferențierea



CC-BY-NC-ND Digitized 2019

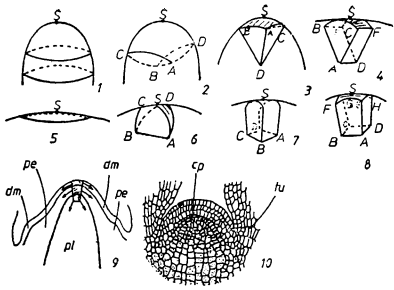



Fig. 26. Diferite tipuri de celule inițiale:
*1, 5* — mamelonară (lenticulară); *2, 6* — bifacială (bilaterală) în formă de ic; *3* — trifacială (trilaterală); *4* — tetralaterală (tetrafacială); *7* — trilaterală-prismatică; *8* — pentalaterală-prismatică; *9* — ipoteza histogenelor; *10* — ipoteza tunicii și a corpusului; *cp* — corpus; *dm* — dermatogen; *pe* — periblem; *pl* — plerom; *tu* — tunică (d. M. Andrei).

celulelor periferice centrale. Acestea se divid din nou de mai multe ori prin pereți transversali având ca urmare transformarea fiecărei celule segment într-un fragment de țesut promeristematic (fig. 27).

**Celula apicală bifacială** (în formă de ic).

În acest caz celula apicală se divide prin pereți segmentali înclinați (sub un unghi ascuțit) după direcții diferite în spațiu. Celula apicală apare astfel scufundată în țesutul segmental care o protejează.

La diferite hepatice (*Metzgeria* sp., *Aneura* sp., *Symphyogyna* sp., ș.a.), în vîrful vegetativ de la unele ferigi (*Salvinia* sp., *Azolla* sp. ș.a.) pereții segmentali înclinați alternativ, la dreapta și la stînga, dau naștere la două șiruri de segmente, rezultînd o simetrie bilaterală a axelor respective (fig. 28).

**Celula apicală piramidală trifacială.** La mușchii foliacei, la ferigile propriu-zise și la *Equisetaceae*, celula apicală se divide prin pereți oblici după trei direcții ale spațiului în așa fel că celula apicală este asemănătoare unei piramide cu trei fețe laterale a cărei bază convexă este îndreptată în sus. Diviziunile se produc în succesiune spiralată, rezultînd celule segment dispuse pe 3 ortostihuri și axe cu simetrie radială.

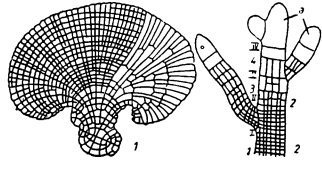



Fig. 27. *1* — Tal de *Melobesia lejolisii* (Floridee); *2* — ramură a talului de *Sphacelaria scoparia*: *a* — celulă apicală; *I, II, III, IV* — pereți segmentali succesivi; *1, 2, 3, 4* — primii pereți transversali care apar în segmente (d. M. Andrei).

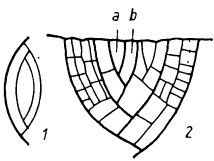



Fig. 28. Vîrful vegetativ de la *Metzgeria furcata*: *1* — celulă inițială bilaterală și primele două celule segment, văzute apical; *2* — celula inițială în momentul ramificației tăiului; *a* — celula inițială a axei mame; *b* — celula inițială a axei fiice (secundară) formată dintr-o celulă segment a celulei *a* (d. E. Strasburger).

La *Equisetum* sp. celulele fiice separate de celula apicală se divid mai departe, mai întîi prin pereți paraleli cu cei ai celulelor segment, apoi prin pereți radiali rezultînd celule segment echivalente. La rădăcinile ferigilor și a unor monocotiledonate, diviziunile celulei apicale trilaterale piramidale pe lîngă celulele segment generate prin pereți oblici formează și derivate rezultate prin pereți transversali. Formarea succesivă de celule segment se petrece de obicei în așa fel încît după 3 diviziuni prin pereți oblici urmează o diviziune printr-un perete transversal. Celulele segment astfel formate vor da naștere la *caliptră* (scufie).

**Celula apicală trilaterală prismatică.** În urma diviziunii acestui tip de celule, prin pereți paraleli rezultă suprafețe celulare sau corpuri lățite. Celulele segment se dispun în 3 direcții, cele laterale mijlocesc creșterea în lățime, iar cele bazale creșterea în lungime (*Pellia epiphylla*).

**Celula apicală tetralaterală (tetrafacială) în formă de pană (ie).** Se întîlnește la axele embrionare și rizoforii tineri ai unor specii de *Selaginella* și la unele specii de *Blassia, Pellia* ș.a.

Celula apicală este situată întotdeauna în profunzimea țesuturilor corpului plantelor. În urma activității ei, în loc de suprafețe celulare se formează corpuri celulare multistratificate, de formă plană.

**Celula apicală pentalaterală, prismatică.** Spre deosebire de tipul precedent, aici apare o a cincea față bazală de diviziune, iar peretele extern slab convex este și mai redus comparativ cu cel al celulei precedente. O astfel de celulă apicală a fost descrisă la genul *Fucus*.

**Meristemul primordial provenit din mai multe celule inițiale.** La fanerogame vîrfurile vegetative meristematice sînt ocupate de mai multe celule inițiale *alăturate* și *suprapuse* (etajate).

**Celule inițiale alăturate.** Sînt celule dispuse într-un singur plan: în secțiuni longitudinale se observă cîte o celulă apicală de o parte și de alta a axei mediane, situate la același nivel, iar în proiecție orizontală sînt grupate, în jurul axei, patru celule inițiale. Țesutul meristematic derivat din fiecare celulă apicală formează fișii longitudinale corespunzătoare. Din celulele inițiale alăturate, prin diviziuni periclinale și anticlinale, rezultă *caliptrogenul*.

Celule inițiale alăturate se întîlnesc în vîrfurile vegetative meristematice de la *Juniperus communis, Pinus sylvestris, Pinus laricio* ș.a.

**Celule inițiale suprapuse** (etajate). În secțiune longitudinală apar dispuse în etaje, pe linia mediană. Cea mai internă din aceste celule generează *procambiul*, un cordon meristematic axial, celelalte celule produc straturi meristematice din care vor deriva *meristemul fundamental* și *protoderma*. Rezultă că fiecare meristem primar provine din celule inițiale proprii.

**Meristeme primare.** La mică distanță de vîrful vegetativ meristematic al tulpinii sau rădăcinii ocupat de celule inițiale și derivatele lor cele mai apropiate, respectiv meristemul primordial, se află meristemele primare. Spre deosebire de meristemul primordial celulele acestora prezintă deja un început de diferențiere

exprimat, mai ales, printr-o vacuolizare mai clară şi prin schimbarea evidentă a formei. Ele îşi păstrează în continuare capacitatea de diviziune mitotică.

După poziţia lor în corpul plantei, meristemele primare pot fi: *apicale* şi *intercalare*.

**Meristeme primare apicale**. În sens larg, în noţiunea de meristem apical sînt cuprinse celulele iniţiale împreună cu derivatele lor cele mai apropiate (meristemul primordial), precum şi zonele axiale din rădăcină sau tulpină situate imediat, în apropierea vîrfului sau deasupra celui mai tînăr primordiu foliar. Această precizare are în vedere faptul că activitatea mitotică specifică meristemelor în general nu este limitată la un „punct de creştere" ci ea cuprinde o arie mult mai mare.

După *J. Hanstein* (1868) se deosebesc 3 meristeme primare numite şi *histogene*: *dermatogenul* (gr. *derma, dermatos* = piele; *genesis*-), *periblemul* (gr. *periblema* = îmbrăcăminte) şi *pleromul* (gr. *pleroma* = umplere). Din histogenul extern numit *dermatogen* se diferenţiază epiderma, din cel mijlociu, numit *periblem* se diferenţiază scoarţa, iar din cel central numit *plerom* se formează cilindrul central. Cele trei meristeme primare provin din derivatele promeristematice a uneia sau mai multor celule iniţiale situate în partea distală a vîrfului vegetativ meristematic. Meristemele primare menţionate pot fi identificate la rădăcini (şi nu la toate) şi foarte rar la tulpini (fig. 29).

*A. Schmidt* (1924) deosebeşte, după planurile de diviziune ale celulelor, două zone tisulare primare: *tunica* şi *corpusul*. *Tunica* constă din 1—9 straturi celulare exterioare (pînă la 6 la monocotiledonate) care învelesc masa celulară interioară numită *corpus*. Celulele tunicii se divid prin pereţi, mai ales anticlinali, avînd ca urmare creşterea în suprafaţă. Celulele corpusului se divid după diferite planuri ducînd la creşterea în volum a masei celulare. Atît straturile tunicii cît şi cele ale corpusului provin din cîte un grup de celule iniţiale independente, cele ale corpusului fiind situate imediat sub iniţialele tunicii. Teoria tunicii şi corpusului nu presupune vreo legătură între dispoziţia celulelor din vîrful vegetativ meristematic şi histogeneză, deşi se cunoaşte faptul că epiderma provine de obicei din stratul extern al tunicii, scoarţa şi cilindrul central pot să derive din tunica sau tunica şi corpus, aceasta fiind în funcţie de numărul de straturi ale tunicii şi de specia respectivă.

Tot mai mult specialiştii se pronunţă în favoarea alcătuirii meristemelor apicale din 3 meristeme primare denumite de *G. Haberlandt, protodermă, procambiu* şi *meristem fundamental*.

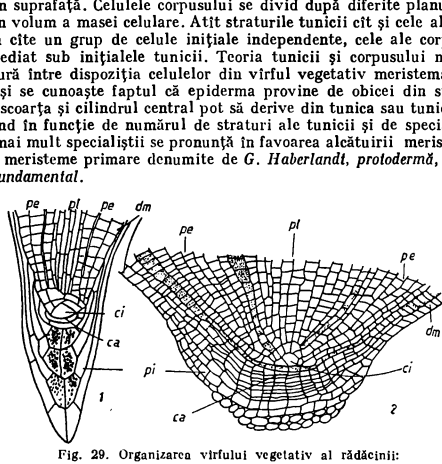
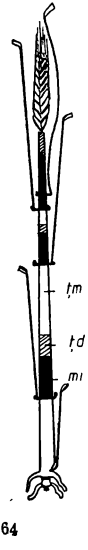



Fig. 29. Organizarea vîrfului vegetativ al rădăcinii:
*1 — Marsilea* sp.; *2 — Helianthus annuus: ca* — caliptrogen; *ci* — celule iniţiale; *dm* — dermatogen; *pe* — periblem; *pl* — pliorizã; *pl* — plerom (d. V. H. Tutaluk).

**Protoderma** (gr. *protos*-; *derma*-). Este meristemul primar superficial alcătuit din celule care se divid, de obicei, prin pereți anticlinali pentru a da naștere la *epidermă* (rizodermă) și uneori la țesuturile mecanice și asimilatoare. Celulele protodermei sînt separate prin pereți periclinali de ultimele celule aparținînd meristemului primordial. În cazurile cînd dintr-o celulă inițială sau un grup de celule apicale se diferențiază o pătură meristematică uniserială, autonomă, noțiunea de protodermă este echivalentă cu cea de dermatogen.

Protoderma, ca meristem primar exterior, nu este întotdeauna clar delimitată de meristemele interne pe care le înconjoară. La foarte numeroase specii celulele protodermice se divid prin pereți radiali (anticlinali). Se cunosc însă cazuri (mai rar) cînd acestea se divid prin pereți periclinali. La acestea din urmă se formează prin diviziuni periclinale o *epidermă multiserială* (multistratificată).

**Procambiul** (desmogen), alcătuit, în secțiune longitudinală, din celule prozenchimatice ascuțite la capete, se va diferenția în țesutul conducător, inclusiv în țesuturile însoțitoare ale acestuia. Din procambiu se formează fasciculele izolate (la monocotiledonate) sau un singur cordon central ca la majoritatea plantelor. La unele plante procambiul se diferențiază într-un cilindru central gol pe lîngă care se formează fasciculele izolate cu dispoziție diferită. Este de remarcat că celulele procambiului nu se divid decît prin pereți longitudinali; diviziunile prin pereți transversali sînt foarte rare și netipice. Procambiul are cea mai lungă viață meristematică. În acest sens menționăm că la majoritatea gimnospermelor, dicotiledonatelor, anumite părți ale procambiului nu se diferențiază niciodată în floem și xilem în cadrul fasciculelor libero-lemnoase deschise.




**Meristemul fundamental** (de bază), este alcătuit din celule de tip parenchimatic, prevăzute cu spații mici intercelulare. Acestea se divid anticlinal și radial pentru a da naștere țesuturilor: cortical, asimilator, aerifer, acvifer, de înmagazinare a materiilor de rezervă, modular etc., uneori și țesuturilor conducătoare.

**Meristemul intercalar**. Este un țesut cu creștere activă situat la o anumită distanță de vîrful vegetativ meristematic. Mulți autori consideră că meristemul intercalar face parte din meristemul apical de care s-a separat odată cu creșterea în lungime a plantei. În acest fel meristemul intercalar a rămas încadrat de țesuturi definitive. La tulpinile articulate, din cauza măririi mai rapide a nodurilor meristemele intercalare se localizează în internoduri. (fig. 30). La început întregul internod este meristematic, dar pe măsura alungirii tulpinii, de jos în sus, activitatea meristematică se localizează într-o zonă mai mult sau mai puțin limitată, situată la majoritatea plantelor, la baza internodului. În urma activității acestor meristeme, fiecare internod crește independent. În stadiile avansate de creștere ale plantelor, meristemele intercalare sînt separate unele de altele de țesuturile mature. Cu toate acestea circulația substanțelor în ambele sensuri este continuă deoarece meristemele intercalare sînt străbătute de fascicule conducătoare semidiferențiate, alcătuite din *protofloem* (gr. *pro-*

Fig. 30. Regiunile de creștere în tulpină:
*mi* — meristem intercalar; *td* — țesut în curs de diferențiere; *tm* — țesuturi mature (d. K. Esau).



CărțiVechi.ro 2013

*los* -; *phloios* = scoarță) și *protoxilem* (gr. *protos*-; *xylon* = lemn), ca în cazul tulpinilor de la monocotiledonate, a ginoforului de la *Arachis* sp. ș.a. În cele din urmă meristemele intercalare suferă o diferențiere completă și dispar. Creșterea care are loc în urma activității meristematice intercalare nu trebuie considerată un fenomen rar și neobișnuit. Ea reprezintă unul din numeroasele particularități adaptative ale plantelor cu corpul articulat.

**Meristeme secundare** (meristeme laterale). Spre deosebire de meristemele primare care derivă din meristemul primordial sau protomeristem, meristemele secundare derivă din țesuturi definitive, vii, care au suferit deja un proces de diferențiere. Formarea lor reprezintă un proces de *dediferențiere*, care presupune pierderea caracterelor dobîndite prin diferențiere și redobîndirea însușirii de a se divide, redevenind meristematice (cu potențial mitotic). În timp ce meristemele primare contribuie la creșterea primară în lungime a organelor vegetative, meristemele secundare se formează la adîncime, în tulpină sau rădăcină, contribuind la creșterea în grosime a acestora.

La majoritatea dicotiledonatelor, foarte rar la monocotiledonate și la toate gimnospermele se observă o creștere secundară în grosime determinată de două țesuturi meristematice secundare concentrice: *cambiul vascular* sau cambiul libero-lemnos și *cambiul subero-felodermic*, felogen sau *zonă generatoare subero-felodermică*.

**Cambiul vascular.** La plantele cu creștere secundară în grosime continuitatea sistemului conducător, legătura dintre țesuturile secundare și cele din anii precedenți este realizată prin țesuturile vasculare secundare generate de cambiul vascular. Cambiul vascular este un meristem lateral care se dezvoltă fie sub formă de fîșii longitudinale, fie sub forma unui cilindru. El apare între fasciculele libero-lemnoase în urma unui proces de dediferențiere al celulelor vii parenchimatice, interfasciculare și generează xilem și floem secundar. Așa cum am văzut aproape la toate dicotiledonatele și la gimnosperme, partea din procambiu care nu se diferențiază în liber și lemn, rămîne cu caracter meristematic chiar și după încheierea creșterii primare. Acest rest de țesut procambial, format din cîteva straturi de celule, caracteristic pentru fasciculele colaterale deschise, poartă numele de *cambiu fascicular* (cambiu intrafascicular).

Odată cu apariția cambiului interfascicular, cambiul fascicular se transformă în *cambiu secundar*. În final, cambiul interfascicular se racordează cu cambiul fascicular și formează un inel (cilindru) cambial. Prin urmare, cambiul interfascicular nu este o continuare a cambiului fascicular, ci el se dezvoltă prin dediferențiere din celule definitive vii, situate între fasciculele libero-lemnoase.

La tulpinile prevăzute cu fascicule colaterale închise, ca și la unele plante ca: *Aristolochia* sp., *Plantago* sp., *Ricinus* sp., *Galium* sp. ș.a., cambiul interfascicular se formează prin dediferențierea țesuturilor definitive, prin diviziuni tangențiale. În asemenea cazuri, cambiul interfascicular astfel format reprezintă un meristem secundar unitar. La reprezentanții familiei labiate ș.a., la originea țesuturilor conducătoare secundare din unele tulpini se află un cambiu secundar rezultat din racordarea cambiului fascicular cu cambiul interfascicular. Indiferent cum se formează, cambiul vascular generează centripetal xilem secundar și centrifugal, floem secundar.

**Zona cambială.** Cambiul vascular este alcătuit din două tipuri de celule: celule inițiale fusiforme și celule inițiale ale razelor medulare. În perioada de creștere, inițialele cambiale, împreună cu produsele lor de diviziune imediate, de ambele laturi ale cambiului, alcătuiesc *zona cambială*. În sens strict, cambiul vascular este alcătuit dintr-un singur strat de celule. Deoarece este foarte greu să se deosebească, pe secțiuni, celulele inițiale de derivatele lor cele mai apropiate, unii autori (*A. Catesson*, 1964 ș.a.) consideră că celulele întregii zone *omogene*, avînd proprietăți de



CC-BY-NC-ND Academia 2019

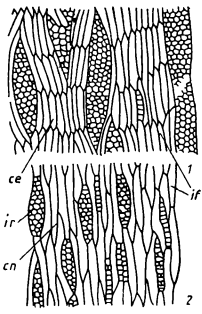



Fig. 31. Tipuri de cambiu vascular la *Robinia* sp. (*1*) și la *Fraxinus* sp. (*2*): *ce* — cambiu etajat; *cn* — cambiu neetajat; *if* — inițiale fusiforme; *ir* — inițiale ale razelor medulare (d.M. Andrei).

inițiale, reprezintă în sens la.g zona cambială. Celulele zonei cambiale respectiv derivatele cambiale de ambele laturi ale cambiului vascular apar, în secțiune transversală, dispuse în șiruri radiale. La început sînt mici și asemănătoare unele cu altele, mai tîrziu se măresc și se diferențiază, pînă cînd capătă forma și caracterele elementelor floemice și xilemice. Celulele inițiale fusiforme, cambiale în secțiune longitudinală sînt foarte lungi și cu capetele ascuțite; inițialele razelor medulare sînt mai mici și de obicei izodiametrice. Cînd cambiul este activ, zona cambială este lată, pluristratificată (la conifere este alcătuită din 5 straturi de celule) spre deosebire de perioadele de repaus cînd zona cambială se reduce la unul sau mai puține straturi celulare.

**Tipuri de cambiu**. După dispunerea inițialelor cambiale. fusiforme în secțiuni, se deosebesc două tipuri de cambiu: *etajat* și *neetajat* (fig. 31).

*Cambiul etajat* (stratificat).

Este alcătuit din celule inițiale fusiforme, evident alterne sau parțial suprapuse. El se întîlnește la dicotiledonatele superior organizate. Inițialele fusiforme se divid prin pereți anticlinali oblici (pseudotransversali); celulele fiice rezultate se alungesc la capete pînă ating sau chiar depășesc în lungime celula mamă.

În literatură se citează exemple de plante cu cambiu vascular de tip intermediar.

**Particularitățile funcționale ale cambiului vascular**. Celulele inițiale cambiale și derivatele lor imediate se divid predominant *periclinal* (tangențial) și *anticlinal* (radial). Diviziunile periclinale se finalizează cu formarea floemului secundar spre exterior și a xilemului secundar spre interior. Ca rezultat al acestui tip de diviziune derivatele inițialelor se dispun în șiruri radiale, dispoziție regăsită mai tîrziu în floemul și xilemul în curs de diferențiere și, în unele cazuri, chiar în țesutul vascular complet diferențiat.

La plantele tropicale, în special, celulele cambiale se divid continuu, generînd floem și xilem secundar. La plantele care cresc în zonele temperate, cambiul își încetează activitatea, de obicei toamna cînd condițiile de vegetație devin nefavorabile. Starea de inactivitate a cambiului poate dura pînă în primăvara următoare. Reluarea activității cambiale primăvara este trădată de mărirea în sens radial a celulelor cambiale, cunoscută sub numele de „umflarea cambiului" și începerea diviziunilor periclinale ale acestora. Începerea activității cambiale variază în funcție de condițiile pedoclimatice și de specia respectivă.



CarteAgro 2013

**Factorii care influențează activitatea cambială.** De obicei activitatea cambială începe imediat mai jos de mugurii care se deschid după care se declanșează spre baza axelor respective; viteza cu care se extinde este diferită. Așa de exemplu, la conifere, la unele dicotiledonate și plante sempervirescente, activitatea cambială se extinde rapid, în timp ce la *Acer* sp. aceasta se realizează încet. În acest proces un rol stimulator evident îl au fitohormonii produși în muguri. Se știe acum precis că giberelina declanșează diviziuni celulare rapide, iar auxinele induc diferențierea derivatelor cambiale. Efectul simultan al acestor două substanțe determină o activitate cambială normală.

Cambiul vascular generează *vase, parenchim* și *fibre liberiene* sau *lemnoase*, elemente care pot lipsi din țesuturile primare corespunzătoare. Cît privește lemnul secundar care se formează, acesta este alcătuit din vase *scalariforme, punctate* sau *reticulate*.

Ca mod de așezare, elementele libero-lemnoase secundare, se dispun în cercuri concentrice, din loc în loc, întrerupte de razele medulare secundare. În general, lemnul secundar se formează în cantitate mai mare decît liberul. Proporția de celule de lemn și liber secundar la gimnosperme este de 3 : 1, iar la angiosperme de 10 : 1. Ca urmare, pe măsură ce organul vegetal se îngroașă, cambiul vascular se mută succesiv spre periferie.

**Mecanismul funcționării cambiului vascular.** Celula cambială crește mai întîi în direcție radială, după care se divide printr-un perete tangențial, în două celule inegale. Celula fiică, internă, mai mică, crește pînă la dimensiunile celulei mame și se divide din nou. Rezultă 3 celule fiice suprapuse; cea din mijloc, continuă să se dividă, ca celulă generatoare cambială. În acest fel se produc alternativ celule noi atît spre exterior cît și spre interior, respectiv pe ambele fețe ale cambiului vascular. Procesul de creștere prin maturare a xilemului se realizează *centrifugal*, iar al floemului, *centripetal*, în timp ce procesul de dezvoltare (mărire, amplificare) a xilemului se realizează centripetal, iar al floemului centrifugal (fig. 32).

**Rolul cambiului vascular.** În afară de producerea floemului și xilemului secundare, cambiul vascular generează *calus* sau *țesut de rană*, deasupra rănilor și participă la fuzionarea altoiului pe portaltoi.

Calusul este alcătuit din mase parenchimatice care se formează rapid pe sau sub suprafața vătămată a tulpinilor și rădăcinilor. Calusul se formează prin divi-

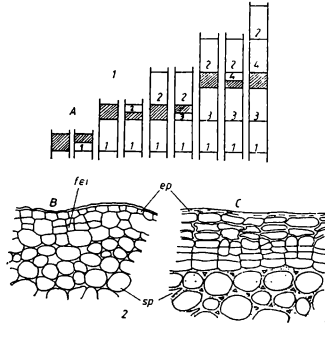



Fig. 32. Mecanismul funcționării cambiului vascular (A):
*1, 3* — lemn secundar; *2, 4* — liber secundar; celula cambială este haşurată; modul de diviziune al felogenului în tulpina de *Pelargonium* sp. *(B, C)*: *ep* — epidermă; *fd* — feloderm; *fe* — felogen; *fei* — felogen incipient; *fl* — felem; *sp* — scoarță primară (d.K. Esau).

ziunea celulelor parenchimului floemic, al scoarței și razelor medulare, dar în cele mai multe cazuri este generat de către cambiul vascular. Celulele situate la partea externă a cambiului se suberifică și se transformă în țesut de protecție. Cambiul reorganizat generează țesuturi vasculare secundare care se unesc cu cele ale organului nevătămat ducînd în cele din urmă la astuparea, respectiv la cicatrizarea rănii. Cînd cambiul este distrus în timpul perioadei de creștere el poate fi regenerat de celulele xilemice tinere, nediferențiate. În altoire, cambiul vascular are capacitatea de a da naștere la calus în portaltoi și de a realiza fuzionarea cambiilor altoiului cu cele ale portaltoiului. După fuzionare, din cambiu se dezvoltă țesuturi vasculare normale. Cînd portaltoiul și altoiul sînt incompatibile, cambiile lor nu fuzionează. În acest caz, în loc de floem și xilem normale se formează mase parenchimatice care nu realizează decît o slabă legătură și o conducere lentă.

**Felogenul** (zona generatoare sau cambiu subero-felodermic sau zonă generatoare peridermică).

Cel de al doilea meristem secundar se formează, spre deosebire de cambiul vascular, în țesuturile situate în afara cilindrului central. Celulele din care se formează felogenul aparțin diferitelor țesuturi primare definitive. Acestea fiind vii, își recapătă proprietatea mitotică în anumite etape ontogenetice și se transformă în cambiu generator de suber și feloderm. Mai rar felogenul poate să ia naștere în feloderm, caz în care el va genera țesuturi protectoare terțiare.

Felogenul, de obicei unistratificat, este alcătuit din celule mai mult sau mai puțin dreptunghiulare în secțiune transversală, puțin aplatizate, bogate în plasmă vacuolizată, cu pereții subțiri celulozici. Celulele sale se divid periclinal și dau naștere, spre exterior, la suber, iar spre interior la feloderm.

În afară de suber, felogenul poate să genereze un țesut alcătuit din celule cu pereții nesuberificați, celulozici sau lignificați numit *feloid*. Prezența acestui țesut contribuie la exfolierea suberului sub formă de foițe individualizate. Suberul și feloidul formează *felemul* sau pluta, iar suberul, felogenul și felodermul alcătuiesc *peridermul*.

**Originea felogenului**. În general felogenul se formează din celulele țesuturilor situate în afara cilindrului central, cu unele excepții. În unele tulpini, felogenul primului periderm, poate lua naștere în diferite țesuturi la diferite specii. Așa de exemplu, la *Solanum dulcamara*, *Nerium oleander*, *Quercus suber*, *Malus* sp., *Salix* sp., *Pyrus* sp. ș.a., felogenul se formează din celulele epidermei. La *Populus* sp., *Ulmus* sp., *Juglans* sp., se formează în primul strat cortical, imediat sub epidermă. În tuberculul de la cartof, primul felogen se diferențiază în epidermă și primul strat cortical subepidermal; felogenul format în epidermă este însă nefuncțional. La *Aristolochia* sp., *Pinus* sp., *Larix* sp., *Robinia pseudacacia*, *Cytisus* sp., *Gleditsia triacanthos* ș.a. primul felogen se diferențiază în scoarță în straturile 2 și 3. La *Thuja* sp., *Punica* sp., *Arbutus* sp., *Vitis* sp., *Berberis* sp., *Camellia* sp., *Anabasis* sp., se diferențiază în apropierea floemului sau chiar în parenchimul floemic. Dar felogenul poate să apară chiar în scoarța secundară (feloderm) ca la *Spiraea opulifolia*, *Philadelphus coronarius* ș.a.

La majoritatea tulpinilor, primul felogen apare în scoarță, imediat sub epidermă. În rădăcinile multor plante ierbacee nu se formează felogen deci sînt aperidermice. În aceste cazuri, straturile exterioare ale scoarței se suberifică și dau naștere *exodermei* sau *cutisului*.

La gimnosperme și dicotiledonate, primul felogen se diferențiază în țesuturile cele mai profunde, de obicei în *periciclu*, iar la monocotiledonatele peridermice, se formează de obicei în straturile superficiale ale scoarței. La unele specii de *Artemisia*, dar mai ales la cele xerofile și la *Achillea fragrantissima* se formează straturi de



CC-BY-NC-ND Biblioteca 2013

suber în xilemul secundar, la marginile inelelor anuale de creştere. Acest suber se numeşte *interxilemic* şi poate fi asociat cu o creştere secundară anormală.

Peridermele iniţiale sînt înlocuite periodic de periderme noi, formate de fiecare dată tot mai profund în ţesuturile axei. În general se poate spune că peridermele succesive nu sînt altceva decît o replică a primului periderm (*Betula* sp., *Clematis* sp., *Prunus avium*, *Vitis* sp., ş.a.). Uneori, peridermele noi, faţă de cel iniţial, apar în straturi discontinue, sub formă de arcuri, în diferite zone ale circumferinţei axei. Aşa este cazul genurilor *Malus* sp., *Platanus* sp., *Pinus* sp., *Aesculus* ş.a.

**Formarea şi activitatea felogenului**. În mod obişnuit celulele ţesuturilor definitive care se remeristematizează nu se deosebesc de celelalte celule definitive. Uneori, în stratul subepidermic, cortical, unde se diferenţiază felogenul, celulele respective sînt dispuse compact fără a lăsa spaţii intercelulare şi fără să prezinte tendinţa de colenchimatizare. Dacă conţin substanţe ergastice, acestea dispar în timpul diviziunilor periclinale succesive. Celulele felogenice se divid prin pereţi periclinali. Din cînd în cînd, pe lîngă diviziunile periclinale au loc şi diviziuni anticlinale care duc la creşterea în circumferinţă a produselor felogenului, în concordanţă cu creşterea generală în grosime a axelor respective. După prima diviziune a celulei felogenice se formează două celule inegale, una externă şi alta internă. De obicei, cea internă se transformă într-o celulă de feloderm, cea externă va funcţiona ca celulă a felogenului şi se va divide din nou; mai rar se întîmplă şi invers. După a doua diviziune, celula externă devine prima celulă de suber; celula internă rămîne meristematică şi se va divide în continuare. În cele din urmă, numărul de straturi de suber este superior celui de feloderm.

Activitatea felogenului începe fie în anumite puncte ale axei, pornind de la felogenul unei lenticele, din care apoi se extinde după cîţiva ani pe întreaga circumferinţă, fie de-a lungul întregii circumferinţe în primul an de dezvoltare. Timpul de apariţie al felogenului reprezintă un caracter de specie, dar uneori el diferă chiar în cadrul aceluiaşi taxon. La majoritatea gimnospermelor şi dicotiledonatelor felogenul apare, de obicei, pe toată circumferinţa tulpinilor, după încetarea creşterii primare în lungime. Întîrzierea, grăbirea sau apariţia anormală a cambiului suberofelodermic este influenţată de diferiţi factori biotici şi mecanici. În cele din urmă felogenul îşi încetează activitatea transformîndu-se în suber. Aşa este cazul felogenului din scvamele mugurilor de la gimnosperme şi dicotiledonate. Există şi plante la care felogenul îşi încetează activitatea la o anumită vîrstă a axelor şi în anul următor, un nou felogen se formează în straturile mai profunde ale organelor respective. Cu excepţia catafilelor mugurale de la unele plante (gimnosperme şi angiosperme), în frunze nu se formează suber. S-a constatat că nu se formează peridermă in tulpinile criptogamelor vasculare recente, lipsite de creştere secundară în grosime. Numai în cazul rizomilor unor ferigi straturile externe ale scoarţei sau celulele epidermice se suberifică.

La plantele lemnoase periderma generată de felogen se formează mult mai tîrziu decît momentul formării ţesuturilor conducătoare secundare. Se cunosc şi plante lemnoase în care nu se formează peridermă (*Viscum album*, *Ilex* sp., *Acer* sp, *Laurus* sp., *Acacia* sp., *Eucalyptus* sp. ş. a.

**Meristemoide** (gr. *meristos-*; *eidos* = asemănare). Termenul se atribuie unor celule sau grupări de celule (centre meristemoide), din ţesuturile definitive primare, care au capacitatea de a se divide pentru a da naştere la diferite formaţiuni. Prin urmare celulele respective se aseamănă cu meristemele din punct de vedere al activităţii lor. Trebuie de subliniat însă că celulele meristemoidelor au o activitate meristematică locală, intermitentă. Aşa de exemplu celulele epidermice se divid în perioada de vegetaţie într-o succesiune mai mult sau mai puţin aleatorie pentru a



©RaduAbs 2013

da naştere la stomate, peri (inclusiv peri absorbanţi), hidropote. Se ştie că numărul de stomate şi de peri, pe unitate de suprafaţă, variază în funcţie de diferiţi factori, de aceea el se încadrează într-o limită inferioară şi una superioară. Celulele pericicloului se divid pe toată perioada de vegetaţie pentru a forma radicelele sau rădăcinile adventive. Apariţia radicelelor şi a rădăcinilor adventive nu se face întotdeauna la întîmplare; se ştie că ele se formează din celule pericicloe sau endodermice situate în dreptul fasciculelor lemnoase. La unele plante (ferigi) se formează din endoderm㠹 la altele (*Asperula* sp., *Circaea lutetiana* ş.a.) din parenchimul liberian; la crucifere din epidermă şi din scoarţă etc. Rezultă că celule cu activitate meristematică locală se întîlnesc în mai multe ţesuturi definitive primare: epidermă, pericicloe, endodermă, scoarţă ş.a. În general, stomatele, perii, hidropotele etc., se formează la distanţă unele de altele deoarece meristemoidele respective formează în jurul lor zone de blocaj sau cîmpuri de inhibare care opresc diferenţierea unei stomate în imediata apropiere a alteia. Atunci cînd se întîlnesc asemenea situaţii înseamnă că celulele mamă stomatice au intrat simultan în diviziune.

## 2.3.2. Sistemul protector (Apărător)

Din sistemul de ţesuturi protectoare fac parte ţesuturile externe sau superficiale şi mai rar interne, de obicei unistratificate, care îndeplinesc rolul de apărare a celulelor vii pe care le delimitează.

Ţesuturile de apărare, după originea lor sînt, *primare* şi *secundare*. Din prima categorie fac parte: *epiderma*, *exoderma*, *endoderma* şi *ţesutul caliptral*. Din cea de a doua categorie, a ţesuturilor protectoare secundare fac parte *suberul* (pluta), element component al peridermei şi ritidomul.

### 2.3.2.1. Epiderma

Principalul ţesut de apărare este *epiderma* (gr. *epi* = deasupra; *derma*, *dermatos*-). Prin epidermă se înţelege stratul (mai rar straturile) exterior de celule care acoperă şi protejază frunzele, organele florale, fructele, seminţele precum şi tulpinile şi rădăcinile, înainte ca acestea din urmă să depăşească în circumferinţă o anumită limită. Se consideră că epiderma lipseşte numai de pe caliptră şi de pe vîrfurile vegetative meristematice.

După *K. Linsbauer* (1930), *H. Guttenberg*, (1940) ş. a., ţesutul care acoperă rădăcina primară se deosebeşte de cel care acoperă organele supraterane atît ca origine, cît şi ca structură şi funcţii. Din acest motiv unii specialişti atribuie stratului extern al rădăcinii denumirea de *epiblem* (gr. *epiblema* = capac) sau *rizodermă* (gr. *riza* = rădăcină; *derma*, *dermatos*-) rezervînd termenul de *epidermă* numai pentru organele supraterane.

*K. Esau* (1965), avînd în vedere numeroasele forme de trecere ale celulelor epidermice de la organele supraterane spre cele subterane şi invers, ca urmare firească a legăturilor morfologice dintre rădăcină şi tulpină, utilizează fără rezervă termenul de *epidermă* pentru toate organele plantelor vasculare.

Fiind un ţesut lipsit de spaţii intercelulare şi acoperit de cuticulă, epiderma este cel mai important ţesut primar de protecţie al corpului primar şi, uneori, şi secundar al plantelor. Ea apără ţesuturile vii ale organelor vegetative împotriva diferiţilor factori ai mediului.

**Originea epidermei.** După *A. Schmidt* epiderma derivă din *tunică*, în cazul cînd este unistratificată sau din stratul celular extern al tunicii atunci cînd aceasta este pluristratificată şi clar delimitată. Dacă organizarea vîrfului meristematic corespunde



CC-BY-SA Academia 2013

schemei lui *J. Hanstein*, atunci epiderma își are originea în *dermatogen*; dacă avem în vedere părerea lui *G. Haberlandt*, epiderma se diferențiază din *protodermă*, în urma a numeroase diviziuni celulare prin pereți anticlinali.

**Durata epidermei.** La plantele care nu cresc secundar în grosime, epiderma se păstrează pe toată perioada vieții acestora. La unele monocotiledonate perene, lemnoase, lipsite de creștere secundară în grosime, epiderma este înlocuită de un țesut apărător special de tipul peridermei. La celelalte plante cu creștere secundară în grosime, durata epidermei variază în funcție de timpul necesar formării peridermei. De obicei, la tulpinile și rădăcinile plantelor perene, epiderma este înlocuită de peridermă chiar din primul an de la formarea acesteia. La *Acer striatum*, epiderma rămîne viabilă aproape 20 de ani, timp în care tulpina crește continuu în grosime. Longevitatea acestei epiderme se explică prin aceea că celulele epidermice au o creștere continuă prelungită; ele se divid prin pereți anticlinali și cresc tangențial. În acest fel se păstrează un ritm concordant între țesuturile secundare ale tulpinii care duc la creșterea în grosime a acesteia și epidermă. Puține plante, dintre cele lemnoase, au epiderma persistentă (*Cercidium torreyanum*).

**Tipuri de celule epidermice.** Tipurile de celule epidermice, morfologia și structura lor sînt strîns legate de funcțiile variate pe care le îndeplinește epiderma ca țesut apărător. Se cunosc următoarele tipuri de celule epidermice: celule epidermice propriu-zise, celule specializate cum sînt: celulele stomatice și celule anexe, peri, emergențe, alte celule specializate.

**Celulele epidermice propriu-zise.** Variază ca formă, mărime și dispoziție. Celulele epidermice pot fi: *parenchimatice*, mai mult sau mai puțin izodiametrice (forma tabulară, veziculoasă), în special la frunze și organele cu simetrie dorsi-ventrală, *prozenchimatice*, cu axa longitudinală orientată paralel cu axa organelor pe care le acoperă. Se întîlnesc mai ales la organele vegetative cilindrice, lungi, cum sînt tulpinile, pețiolurile, frunzele lineare ș. a.

În ceea ce privește mărimea, cele mai mici celule epidermice se întîlnesc la *xerofite*; *mezofitele* au celulele epidermice mai mari. În general, mărimea celulelor epidermice este strîns legată de condițiile concrete de viață. Așa de pildă, insuficiența substanțelor nutritive, lumina puternică, temperatura scăzută, alte condiții nefavorabile, conduc la formarea de celule epidermice mici.

La multe graminee epiderma este alcătuită din două sau chiar mai multe tipuri de celule deosebite atît ca formă, cît și ca structură. Celulele epidermice de la unele semințe sînt de tip prozenchimatic, dispuse în palisadă. Indiferent de forma pe care o au, celulele epidermice sînt strîns unite între ele, fără a lăsa spații intercelulare. Pereții celulelor epidermice, la unele frunze și petale sînt adesea ondulați și îngroșați. În general, pereții celulelor epidermei inferioare a frunzei sînt mult mai pronunțat ondulați decît cei ai celulelor epidermei superioare. S-a constatat că la plantele crescute în lumină intensă, pereții celulari prezintă ondulații mai slab pronunțate decît cei aparținînd plantelor crescute la umbră (fig. 33).

**Pereții celulari.** Variază ca grosime și formă: unele celule au pereții subțiri, altele au pereții îngroșați, mai ales cei tangențiali externi. Unele celule epidermice au pereții externi plani, altele convecși. Se apreciază, în general, că pereții tangențiali externi sînt mai groși decît cei radiali, care sînt ceva mai subțiri. Pereții radiali și tangențiali interni sînt prevăzuți cu punctuațiuni și plasmodesme, iar cei tangențiali externi, în unele cazuri cu *ectodesme* (gr. *ektos* = exterior; *desme* = legătură).

La unele plante (gimnosperme, graminee, dicotiledonate și pteridofite) se întîlnesc celule epidermice fibroase. La semințe, scvame și la frunzele unor conifere, pereții celulelor epidermice sînt foarte groși și lignificați. La unele *Moraceae, Acanthaceae, Cucurbitaceae, Urticaceae* ș. a. în celulele epidermice se diferențiază *cistoliți* (litociste) (gr. *kystis* = cavitate; *lithos* = piatră) (fig. 34).

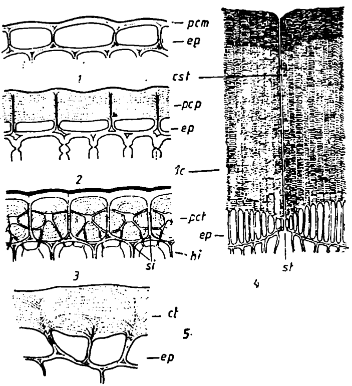



Fig. 33. Tipuri de celule epidermice în secțiune transversală:
*1* — *Dianthus* sp.; *2* — *Kleinia nertifolia*; *3* — *Pinus sylvestris*; *4* — *Klopstockia cerifera*: *ct* — cuticulă; *cst* — canal de legătură cu stomata; *ep* — epidermă; *îc* — înveliș de ceară; *hi* — hipodermă; *pcm* — perete celular moderat îngroșat; *pcp* — perete celular puternic îngroșat; *pct* — perete celular cu punctuațiuni; *si* — spații intercelulare; *st* — stomată (d.W. Troll ș.a.).

Peretele celulelor epidermice, la microscopul electronic, este asemănător cu peretele altor tipuri de celule, adică este alcătuit din celuloză, hemiceluloză și pectină, fiind în plus cutinizat.

Toate organele supraterane și, într-o oarecare măsură, părțile mature ale rădăcinii, rizoderma lipsită de peri (*Pisum sativum*) sînt acoperite cu o *cuticulă* continuă care constă dintr-o substanță lipidică numită *cutină*. Cuticula lipsește, de obicei,

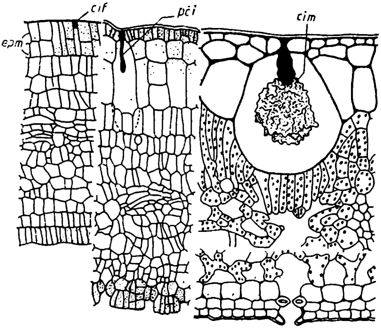



Fig. 34. Formarea cistolitului la *Ficus elastica*:
*cif* — cistolit în formare; *cim* — cistolit matur; *epm* — epidermă multistratificată; *pci* — pedunculul din celuloză al cistolitului (d. K. Esau).

din zonele rădăcinii cu creştere activă. *F. M. Scott, E. Bowler* (1963) ş. a. au identificat cuticula chiar şi la perii radiculari absorbanţi. *Artz* (1933), *J. H. Priestley* (1943) ş.a. afirmă că structuri cuticulare foarte fine se pot distinge pe pereţii celulelor mezofilului care vin în contact cu spaţiile intercelulare. Aceste straturi sînt o continuare a cuticulei de pe pereţii tangenţiali externi ai celulelor epidermice. În general epiderma adaxială a frunzei este acoperită de o cuticulă mai groasă decît cea abaxială. La unele plante, pe suprafaţa cuticulei se găsesc depozite de ceară sub formă de granule (*Brassica* sp., *Dianthus* sp. ş. a.) sau de bastonaşe (*Saccharum* sp.) sau sub formă de strat continuu (*Thuja orientalis*). La *Agave* sp. ceara se află în strat continuu sub cuticulă, sau sub formă de plăcuţe separate în cuticula pereţilor tangenţiali externi (*R. H. Schieferstein* şi *W. E. Loomis*, 1959, *P. Roelofsen*, 1952 ş. a.).

La unele plante, la suprafaţa cuticulei sau chiar în ea, se depozitează săruri sub forma unor cristale (*Tamarix* sp., *Plumbago capensis* ş. a.), particule de cauciuc (*Eucalyptus* sp.), uleiuri sau răşini. Este de remarcat, în sfîrşit, că depozite de $SiO_2$ sau $CaCO_3$ se întîlnesc şi în pereţii celulelor epidermice de la unele specii aparţinînd familiilor: *Equisetaceae, Poaceae,* numeroase *Cyperaceae,* palmieri, specii de *Moraceae, Aristolochiaceae, Magnoliaceae* ş. a. La unele plante cum sînt coniferele (*Cycadaceae*) pereţii celulelor epidermei sînt lignificaţi în întregime. În asemenea cazuri epiderma îndeplineşte, pe lîngă funcţiunea de apărare şi pe aceea de susţinere. Situaţii similare se întîlnesc în frunzele coniferelor, rizomii gramineelor, în porţiunile de epidermă situate deasupra fasciculelor de sclerenchim, în frunzele de *Poaceae, Juncaceae, Cyperaceae,* în frunzele unor specii de *Eucalyptus, Quercus, Nerium oleander, Laurus nobilis* ş. a.

Pereţi celulari lignificaţi, epidermici sau ai altor ţesuturi lipsesc la plantele inferioare. La unele *Moraceae, Malvaceae, Rhamnaceae, Thymelaeaceae, Euphorbiaceae* ş. a. anumite sectoare din pereţii celulelor epidermice se impregnează cu apă şi devin mucilaginoşi.

La microscopul electronic pereţii celulelor epidermice apar alcătuiţi din microfibrile celulozice dispuse longitudinal în pereţii tangenţiali externi şi transversal în cei radiali.

**Protoplastul celulelor epidermice propriu-zise.** Celulele epidermice propriu-zise sînt celule vii; de altfel cu unele excepţii (unele categorii de peri) şi celulele formaţiunilor epidermice sînt de asemenea vii. Ele conţin, citoplasmă, nucleu, plastide, mitocondrii, dictiozomi, RE, microtubuli etc.

În vacuolele celulelor epidermice propriu-zise, a petalelor, în frunzele de la *Zebrina pendula* şi cele de la *Brassica oleracea* var, *capitata* f. *rubra*, în frunzele modificate ale bulbului de ceapă roşie, în tulpinile şi peţiolurile de la *Ricinus communis* şi în celulele epidermice ale altor organe de la unele plante, se găsesc antociani. În celulele epidermice se mai pot găsi: *tanin, mucilagii, flavonide,* diferite tipuri de *cristale de oxalat de calciu* ş. a.

Nucleul celulelor epidermice are forma şi mărimea variabile: forma sferică, ovală, de seceră, elipsoidală, fusiformă, în formă de paletă, etc. Cît priveşte mărimea nucleului, aceasta este cuprinsă între 20—25 nm (*Galtonia* sp.), 1,9—2,5 nm (*Maranta* sp.), 5,2 nm în diametru în celulele epidermei inferioare şi 3,9 nm în celulele epidermei superioare (*Zingiber officinale*); 10 nm în diametru în celulele epidermei superioare şi 7,5 nm în celulele epidermei inferioare (*Asparagus sprengeri*). De aici se poate trage concluzia că mărimea nucleului variază în cadrul aceluiaşi taxon în funcţie de topografia ţesutului epidermal. De obicei nucleul are poziţie parietală fiind dispus în apropierea peretelui tangenţial intern şi numai excepţional în apropierea celui tangenţial extern (*K. Linsbauer*, 1930). Aparatul plastidial al celulelor epidermice este reprezentat de cloroplaste, leucoplaste şi cromoplaste. Dintre aces-



©BCUCluj 2013

tea cloroplastele au fost cele mai controversate. Cercetările întreprinse au demonstrat existența cloroplastelor în celulele epidermice ale plantelor acvatice și de umbră cît și ale altor grupe ecologice de plante vasculare (*Stöhr*, 1979, *V. Rțskov, S. Sapiro, M. Dubovna*, 1928, *Mikulska*, 1959 ș. a.).

După opinia unor specialiști, prezența cloroplastelor în țesutul epidermal este considerată ca fiind un caracter de primitivitate. Lipsa cloroplastelor din epiderma unor gimnosperme și identificarea lor la familii cum ar fi compozitele dintre angiosperme a schimbat acest punct de vedere. Se apreciază astăzi că prezența sau absența cloroplastelor în celulele epidermice propriu-zise sînt legate, în special, de condițiile ecologice în care se dezvoltă plantele. Plastidele verzi din celulele epidermice avînd un sistem lamelar slab dezvoltat au o activitate fotosintetică mult scăzută comparativ cu cele din celulele asimilatoare propriu-zise.

Cloroplastele sînt dispuse de-a lungul pereților radiali și tangențiali interni.

**Leucoplastele și cromoplastele** din celulele epidermice nu se deoscbesc esențial, structural și ultrastructural de cele din alte țesuturi.

**Mitocondriile și dictiozomii** celulelor epidermice sînt variabile ca număr și structură. Sistemul de criste dezvoltat ca și numărul mare de vezicule din jurul cisternelor dictiozomice reflectă o intensă activitate metabolică a celulelor epidermice. Mitocondriile sînt dispuse de-a lungul pereților radiali și tangențiali interni și, foarte rar, de-a lungul pereților tangențiali externi în timp ce dictiozomii se întîlnesc, mai ales, în jurul nucleului.

În ceea ce privește RE, acesta este în general slab dezvoltat ca de altfel și în celulele mezofilului. Celulele care și-au încheiat creșterea, cu excepția celulelor secretoare sînt sărace în RE.

Celulele epidermice au, la nivel optic și electronomicroscopic, o anumită specificitate comparativ cu celulele altor țesuturi. Această specificitate este determinată de topografia și funcțiile pe care le îndeplinește epiderma ca țesut protector (*M. Andrei*, 1978).

**Celule epidermice cu structură specială.**

**Celulele epidermice fibroase**, se întîlnesc la unele pteridofite, gimnosperme, la numeroase specii de monocotiledonate, în special graminee și la unele dicotiledonate.

**Celule epidermice perechi.** Sînt alcătuite din două celule vecine, inegale, mult diferențiate structural. Celulele mai mici au pereți silicioși, cele mai mari au pereții suberificați. Celulele perechi pot fi dispuse una în continuarea celeilalte, pe toată lungimea frunzei (*Pennisetum clandestinum*), pot fi asociate sau dispuse izolat, pe nervuri (*Agropyron pectiniforme*). Cuplul silico-suberos își are originea în aceeași celulă mamă epidermică (*H. Prat*, 1945 ș. a.).

**Celule buliforme** (veziculiforme). Sînt mai mari decît celulele epidermice tipice, au pereții radiali și tangențiali interni, subțiri, de natură celulozopectică. În general, sînt sărace în conținut celular lipsite de cloroplaste, au o vacuolă mare care conține multă apă și cantități mici de tanin și cristale (fig. 35).

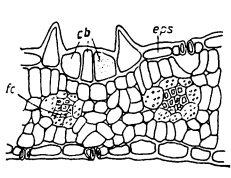



Fig. 35. Celule buliforme în epiderma frunzei de *Zea mays*:
*cb* — celule buliforme; *eps* — epidermă superioară; *fc* — fascicul conducător (d. I. Tarnavschi și colab.).

Pereții tangențiali externi sînt cutinizați, acoperiți de cuticulă și au aceeași grosime ca și cei ai celulelor epidermice vecine.

În privința funcției pe care o îndeplinesc celulele buliforme, opinia specialiștilor este foarte diferită. Unii le denumesc celule de expansiune deoarece intervin în derularea laminei frunzei, atunci cînd aceasta se află în stadiul de mugure. Alți specialiști le denumesc *celule motrice* deoarece sînt implicate în rularea și derularea frunzelor mature. În fine, există și părerea că celulele buliforme servesc ca celule de acumulare a apei de unde și denumirea de *celule acvifere* ce li s-a mai dat (*K. Linsbauer*, 1930). Ceva mai recent, *L. M. Shields* (1951) analizînd un mare număr de graminee, a scos în evidență că celulele buliforme nu participă la fenomenele de rulare și derulare ale frunzelor. Celulele buliforme se întîlnesc la graminee și multe alte monocotiledonate cu excepția ordinului *Helobiae*.

**Litoceiste** (cistolite) (gr. *kystis-*; *lithos-*). Sînt concrețiuni calcaroase în formă de ciorchine întîlnite în celulele epidermei de la unele specii aparținînd familiilor *Moraceae, Acanthaceae, Cucurbitaceae, Urticaceae* ș. a. Carbonatul de calciu se depune pe o porțiune a peretelui tangențial extern. Acest punct inițial de depunere crește centripetal prin depunere ulterioară de $CaCO_3$, luînd în cele din urmă aspectul de ciorchine.

**Celule vezieloase**. Sînt celule foarte mari, rezultate din bombarea peretelui tangențial extern. Au sistemul vacuolar foarte bine dezvoltat în care se absoarbe și se acumulează apă. Această apă este cedată treptat celulelor subiacente. Se întîlnesc la plante din zonele secetoase: *Mesembryanthemum crystalinum*, *Reseda arabica* ș. a.

**Rolul epidermei**. Rolul protector al epidermei reiese din particularitățile celulelor epidermice, în special ale pereților lor externi. La unele plante, în profunzimea cuticulei ca și la suprafața ei se găsesc de obicei depuneri de ceară. Atît cuticula cît și ceara constituie o barieră importantă care izolează țesuturile interne de factorii distructivi din mediul exterior. Epiderma are rolul de a diminua sau regulariza transpirația în anumite condiții ecologice și perioade de vegetație, de a permite schimbul de gaze (mai ales prin stomate) dintre țesuturile vii și mediul înconjurător și de a permite pătrunderea luminii în țesuturile asimilatoare subepidermale. De asemenea, în celulele buliforme și alte celule specializate se depozitează apă și diferiți produși metabolici ș. a. Pe de altă parte celulele epidermice conținînd cloroplaste, participă la sinteza hidraților de carbon și a altor substanțe cum sînt fitoncidele, proteinele, diferite enzime și substanțe biologic active. La *Orchidaceae* și *Bromeliaceae* ș. a., epiderma îndeplinește și funcția de absorbție; în alte cazuri de secreție (uleiuri eterice ș. a.) sau de percepere a unor stimuli, ca lumina, temperatura etc. Fiind un țesut viu, epiderma are un pronunțat caracter meristematic. Celulele epidermice generează aproape pe toată perioada de vegetație stomate, peri, papile, ș. a.; la salcie, în epidermă se diferențiază felogenul, țesut meristematic secundar care generează suber și feloderm.

### 2.3.2.2. Epiderma multistratificată

La marea majoritate a cormofitelor epiderma este unistratificată, adică alcătuită dintr-un singur strat de celule, deosebite de cele situate în profunzimea organelor vegetative respective. La anumite plante epiderma este multistratificată, adică sub stratul extern, superficial, se mai află unul sau cîteva straturi de celule care se deosebesc de țesuturile parenchimatice interne. Straturile de celule suplimentare au origine diferită. Ele se pot forma fie din meristemul fundamental, respectiv din diferențierea ulterioară a celulelor scoarței externe, fie din protodermă, respectiv din multiplicarea celulelor epidermice mature. În primul caz vorbim de *hipodermă* (gr. *hypo* = dedesubt; *derma-*), (în frunzele unor conifere, în tulpina de la *Zea mays* ș. a.), iar în

al doilea, țesutul rezultat, alcătuit din 2—16 straturi de celule, poartă numele de *epidermă multistratificată* (multiseriată sau multiplă). Stratul situat imediat sub epiderma se aseamănă morfologic cu epiderma unistratificată; straturile interne prezintă de obicei (v. velamen radicum) o diferențiere morfologică și funcțională, deosebite de epiderma propriu-zisă.

Epiderma multistratificată rezultă în urma unor diviziuni periclinale a celulelor epidermei mature. Prin urmare aceste diviziuni au loc relativ tîrziu din punct de vedere ontogenetic. Așa de pildă la *Ficus elastica* epiderma multistratificată se formează după etalarea frunzei și căderea stipelelor.

Epiderma multistratificată este întîlnită la ferigi, la palmieri, orchidacee, la moracee, unele specii de *Begoniaceae*, *Piperaceae*, *Malvaceae*, precum și la unele specii de *Chenopodiaceae*.

**Velamen radicum** (lat. *velamen* = înveliș, strat; *radix* = rădăcină). Reprezintă un exemplu de epidermă multistratificată caracteristică rădăcinilor aeriene de la unele epifite, *Orchidaceae*, *Araceae* ș. a. Velamen radicum funcționează de obicei ca țesut de absorbție și de înmagazinare a apei. Celulele lui sînt lipsite de spații intercelulare și adesea prezintă pori și îngroșări de formă diferită, ceea ce le conferă o rezistență sporită.

**Stomatele** sînt structuri foarte specializate care prin organizarea lor asigură respirația și transpirația celulelor delimitate de epidermă. Stomatele se deosebesc structural și funcțional de celulele epidermei din care de fapt se diferențiază. O stomată este alcătuită din două celule epidermice specializate, numite *celule stomatice* (celule de închidere) care lasă între ele o deschidere numită *ostiolă*. La multe plante celulele stomatice sînt înconjurate de *celule anexe* (accesorii sau peristomatice) care se deosebesc de celulele epidermice propriu-zise. Numărul și forma celulelor anexe variază. Ansamblul alcătuit de cele două celule stomatice și celulele anexe respective alcătuiesc *aparatul stomatic* sau *complexul stomatic*.

În privința originii celulelor anexe, acestea se formează fie din celule epidermice vecine cu celulele mamă stomatice fie din aceeași celulă mamă cu cea a stomatelor. Atunci cînd celulele anexe au origine diferită de cea a celulelor stomatice, ele sînt *perigene*, iar cînd originea lor este comună, *mezogene*. Celulele anexe au rolul de a contribui la diminuarea presiunii care, eventual, s-ar exercita asupra celulelor stomatice.

*Distribuția stomatelor*. Stomatele se formează de obicei, pe toate organele supraterane ale plantelor, dar mai ales pe frunze.

Pe elementele florii, petale, filamente staminale (*Colchicum* sp.), carpele sau pe semințe, stomatele sînt de obicei nefuncționale (incomplet dezvoltate). Stomatele lipsesc pe organele subterane, cu excepția rizomilor și organelor plantelor lipsite de clorofilă (*Monotropa* sp., *Neottia* sp., ș. a.). În general, plantele acvatice submerse sînt lipsite de stomate (*Vallisneria spiralis*) sau dacă se întîlnesc, sînt de obicei nefuncționale. Pe frunzele fotosintetic active și la numeroase xerofite, stomatele se formează atît pe fața superioară, cît și pe cea inferioară. Asemenea frunze se numesc *amfistomatice* (gr. *amphi* = împrejur; *stoma* = gură) (*Zea mays*, *Helianthus annuus*, *Avena* sp., ș. a.). Adesea stomatele se diferențiază numai pe fața inferioară. În acest caz vorbim de frunze *hipostomatice* (gr. *hypos-*; *stoma-*). În sfîrșit, la unele plante acvatice cu frunze natante (*Nymphaea alba*, *Nuphar luteum* ș. a.) stomatele se formează numai pe fața superioară, expusă luminii solare; acestea sînt frunze *epistomatice* (gr. *epi* = deasupra; *stoma-*).

Numărul mediu de stomate pe mm² de lamină foliară este cuprins, după *M. G. Stalfelt* (1956) între 100—300.

Numărul stomatelor pe mm² scade sau crește la aceeași specie sau la diferite specii de plante, fiind în funcție de faza ontogenetică a plantei și de condițiile ecolo-

gice în care acestea se dezvoltă (*M. Andrei*, 1967). Din acest motiv, în literatura de specialitate se întîlnesc adesea, la aceeași specie, un număr diferit de stomate. Așa de exemplu, la *Nymphaea alba* au fost identificate pe epiderma superioară, 648 stomate pe mm² (*J. Constantin*, 1886, *Ed. Boureau*, 1965, *Poplavskaia*, 1968), 760 (*I. Grințescu*, 1928), 483 (*M. Andrei*, 1967). Orientativ, prezentăm numărul de stomate calculate la mm² de limb foliar (tabelul IX).

*Tabelul IX*

**Numărul de stomate la cîteva specii de plante cultivate și spontane**

| Specia | Es* | Ei** | Specia | Es | Ei |
|---|---|---|---|---|---|
| *Prunus malus* | 0 | 300 | *Helianthus annuus* | 207 | 250 |
| *Prunus avium* | 0 | 250 | *Syringa vulgaris* | 0 | 330 |
| *Medicago sativa* | 170 | 110 | *Olea europaea* | 0 | 675 |
| *Phaseolus vulgaris* | 40 | 280 | *Populus pyramidalis* | 55 | 270 |
| *Brassica oleracea* | 110 | 230 | *Potamogeton gramineus* | 101 | 59 |
| *Solanum tuberosum* | 50 | 160 | *Zea mays* | 52 | 68 |
| *Trapa natans* | 300 | 0 | *Triticum aestivum* | 33 | 14 |

* *Es* = epiderma superioară;
** *Ei* = epiderma inferioară.

*Poplavskaia* (1949) a constatat că, la xerofite, stomatele sînt mai mici și mai dense decît la mezofite și higrofite. Variația numărului de stomate la aceeași specie, se mai datorește și porțiunii foliare investigate. Din acest motiv, se recomandă ca materialul pentru cercetări stomatografice să fie prelevat din treimea de mijloc a frunzei (între margine și nervura principală). Această porțiune a frunzei are numărul de stomate apropiat de valoarea medie (*Baranov*, 1924). În general, stomatele sînt mai numeroase pe fața inferioară a laminei foliare. Pe frunzele dicotiledonatelor cu nervațiune penat-reticulată, stomatele sînt distribuite fără nici o regulă. Pe frunzele de la *Saxifraga sarmentosa* ș.a. stomatele se formează și rămîn dispuse în grupuri. Pe frunzele speciilor aparținînd poaceelor și ciperaceelor, stomatele se diferențiază și rămîn dispuse în șiruri paralele, corespunzător nervațiunii acestor frunze. S-a constatat că stomatele nu se formează niciodată în dreptul fasciculelor conducătoare, ci numai deasupra parenchimului asimilator. În privința nivelului la care sînt dispuse stomatele față de celulele epidermei, se întîlnesc mai multe situații:

— *Stomate la același nivel cu celulele epidermei*. Această dispoziție a stomatelor se întîlnește mai ales la mezofite (*Narcissus* sp., *Helleborus* sp., *Tradescantia* sp., ș.a.) și la xerofite;

— *stomate sub nivelul celulelor epidermice*. În acest caz stomatele sînt scufundate *slab*, *mediu* sau *mult* sub celulele epidermice. La unele specii cu caractere xeromorfe stomatele se formează în adînciturl ale mezofilului numite *cripte stomatifere* (conifere, unele monocotiledonate și dicotiledonate);

— *stomate deasupra nivelului celulelor epidermice*. Se întîlnesc la unele hidrofite și mezofite (*Anemone nemorosa*, *Cucurbita pepo* ș.a.).

**Stomatogeneza** (gr. *stoma-*; *genesis-*). Formarea unei stomate este pregătită de modificări intracelulare, decelabile la microscopul optic. Dintre acestea menționăm, deplasarea nucleului înconjurat de citoplasmă spre unul din polii celulei epidermice care urmează să intre în diviziune. La microscopul electronic, pe locul viitorului perete despărțitor s-au observat aglomerări de microtubuli. În urma diviziunii celu-

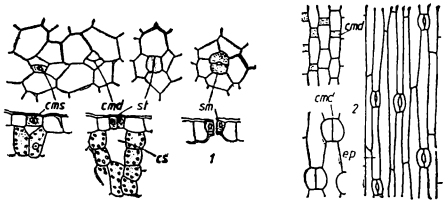



Fig. 36. Stomatogeneza la dicotiledonate:
*1 — Beta vulgaris; 2 —* la monocotiledonate: *Hyacinthus* sp.: *cmd* — celulă mamă stomatică în diviziune; *cms* — celulă mamă stomatică; *cs* — cameră substomatică; *ep* — epidermă cu stomate mature; *sm* — stomată matură; *st* — stomată în formare (d. K. Esau şi W. Troll).

lare, care se face transversal faţă de gradientul de polarizare iau naştere două celule fiice inegale. Formarea stomatelor începe deci cu diviziunea inegală a unei celule epidermice. De obicei celula mamă a stomatei este cea mai mică dintre cele două celule rezultate în urma mitozei stomatogenetice. Este ceva mai opacă, conţine citoplasmă mai abundentă şi un nucleu mai voluminos decît celula mare care devine ulterior celulă epidermică propriu-zisă (fig. 36).

Celula mai mică, respectiv celula mamă stomatică, numită şi celulă stomatică iniţială, celulă meristematică sau meristemoidă, are nucleul sferic, leucoplaste lipsite de granule de amidon, mitocondrii, un mare număr de ribozomi, RE granular şi vacuole mărunte. După una sau mai multe diviziuni se formează două celule stomatice. La început, acestea sînt mici şi nu au o formă specială; prin dezvoltare ulterioară se măresc şi capătă forma caracteristică. După ultima diviziune a celulei mamă, se formează cele două celule stomatice. Lamela mijlocie dintre ele se îngroaşă căpătînd forma lenticulară. La scurt timp porţiunea îngroşată de natură pectică, se dezintegrează *schizo-lizigenic* şi în locul ei apare *ostiola* (fig. 37).

Menţionăm că scufundarea sau ridicarea stomatelor sub sau deasupra nivelului epidermei se produce nu în timpul formării lor, ci în timpul maturizării, definitivării formei celulelor stomatice. După ordinea de apariţie a stomatelor pe frunze se deosebesc două modalităţi de dezvoltare:

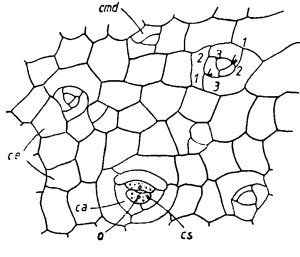



Fig. 37. Formarea ostiolei la *Aeonium* sp.: *ca* — celule anexe; *ce* — celule epidermice; *cmd* — celulă stomatică în diviziune; *cs* — celule stomatice; *o* — ostiolă; *1—4* — pereţi succesivi (d. I. Tarnavschi şi colab.).

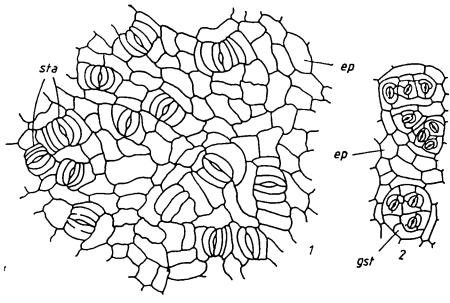



Fig. 38. Stomate alăturate la *Populus deltoides (1)* și *Begonia* sp. *(2)*: *ep* — epidermă; *gst* — grupe de stomate; *sta* — stomate alăturate (d. M. Andrei și W. Troll).

1. **Formarea bazipetală** (de la vîrf spre bază) *a stomatelor*. În această categorie se încadrează frunzele cu nervațiune paralelă de la majoritatea monocotiledonatelor, internodurile unor specii de chenopodiacee, frunzele unor specii de ferigi și composite.

2. **Formarea aleatorie a stomatelor**. La numeroase plante formarea stomatelor se face fără nici o regulă, în diferite zone ale limbului, pe toată perioada de creștere a frunzei. Este cazul frunzelor cu nervațiune reticulată. Acest mod de formare a stomatelor este frecvent întîlnit la majoritatea dicotiledonatelor și mai rar la monocotiledonate (*Araceae*, *Dioscoriaceae* ș.a.) și ferigi. Așa se explică de ce alături de stomate complet diferențiate se pot întîlni și stomate în primele faze de inițiere.

La *Populus deltoides*, *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata* ș.a. au fost identificate stomate diferențiate una lîngă alta, uneori cîte trei stomate alipite (M. Andrei, fig. 38).

**Organizarea structurală a stomatelor**. După cum am văzut o stomată este alcătuită din două celule epidermice reniforme, între ele cu o deschidere numită *ostiolă*. Mărimea ostiolei variază în funcție de turgescența celulelor stomatice.

Sub stomată, în mezofil, se formează de timpuriu un spațiu intercelular de dimensiuni variabile numit *cameră substomatică*. Fiecare celulă stomatică văzută în secțiune transversală, prezintă doi pereți anticlinali, unul dorsal (posterior), celălalt *ventral* (anterior) și doi pereți periclinali, unul *extern* și altul *intern*.

În majoritatea cazurilor peretele dorsal adiacent cu celula anexă sau cu o celulă epidermică, precum și peretele ventral (anticlinal) sînt mai subțiri decît cei periclinali care sînt îngroșați. Și dispoziția microfibrilelor celulozice este diferită în pereții celulari. Așa de pildă, în pereții celulelor stomatice microfibrilele sînt dispuse ca niște raze cu originea în regiunea ostiolei (*H. Ziegenspeck*, 1935, 1939), iar în cei ai celulelor anexe sînt orientați paralel cu axa longitudinală.

Datorită îngroșării inegale a pereților celulelor stomatice se realizează cîte o cavitate celulară de formă triunghiulară, ovală sau elipsoidală. Pereții externi ai celulelor stomatice prezintă adesea proeminențe (ciocuri), conturate de cuticulă.



©RecAbnis 2013

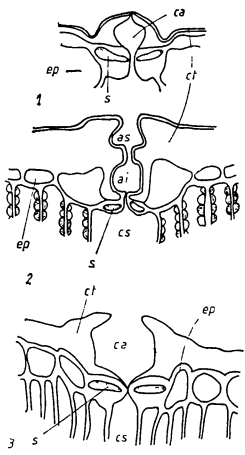



Fig. 39. Aparate stomatice în secțiune transversală:
*1 — Cypripedium* sp.; *2 — Dasylirion filifolium; 3 — Melaleuca acerosa; as* — atrium superior; *ai* — atrium inferior; *ca* — cameră antestomatică; *ct* — cuticulă; *cs* — cameră substomatică; *ep*— epidermă; *s* — celule stomatice (d. M. Andrei).

Spațiul de deasupra ostiolei, delimitat de proeminențele celulelor stomatice, poartă numele de cavitate frontală, atriu exterior (anterior sau superior) sau anticameră. La *Dasylirion filifolium* se pot distinge două atrii (camere) suprapuse, unul superior (anterior), celălalt inferior (posterior). Pereții ventrali ai celulelor stomatice prezintă și ei proeminențe sub formă de coaste sau muchii, rezultate din cuticula care se prelungește prin ostiolă, pe pereții ventrali. Sub ostiolă, deci sub stomată, se află camera substomatică, spațiul intercelular delimitat la rîndul lui de cuticulă.

La *Citrullus* sp. ș.a. cuticula nu se prelungește peste pereții ventrali ai celulelor stomatice. La unele specii, celulele anexe iau o dezvoltare mare în jurul ostiolei formînd anticamere (fig. 39).

**Structura celulelor stomatice**. Ca și celulele epidermice propriu-zise, celulele stomatice sînt celule vii. Ele conțin toate componentele caracteristice celulelor vegetale. Cu toate acestea, structura protoplastului stomatic prezintă și unele particularități. S-a constatat de pildă la *Solanum tuberosum, Triticum aestivum* și *Cucumis sativus*, că plastidele verzi se apropie ca structură de cele din țesutul asimilator foliar. La *Secale cereale, Avena sativa, Vicia faba* ș.a., s-a observat o reducere puternică a sistemului lamelar. La *Bryophyllum daigremontianum* s-a pus în evidență un reticul periferic (*Laetsch*, 1968). O trăsătură a celulelor stomatice o constituie numărul mare de mitocondrii. RE poate fi agranulat sau granulat. El constă atît din cisterne, cît și din formațiuni tubulare. Aparatul *Golgi* este de regulă bine dezvoltat.

O particularitate a celulelor stomatice o reprezintă microtubulii. Ei se află în celulele stomatice, mai ales în timpul diferențierii acestora. Plasmalema este cutată; uneori formează *lomazomi* mari alcătuiți din subunități dispuse în pachete (*Solanum* sp.) sau lomazomii sînt slab dezvoltați.



CoolLibrary 2013

Plasmodesme între celulele stomatice și celulele anexe au fost evidențiate atît la microscopul optic, cît și la cel electronic (*Solanum tuberosum*, *Nicotiana tabacum*, *Vicia faba* ș.a.). În vacuole s-au observat corpusculi electrono-denși. Trebuie să ținem seama însă că în ceea ce privește conținutul vacuolelor, acesta se poate schimba în funcție de starea fiziologică a stomatelor. În ceea ce privește nucleul, acesta poate îmbrăca aspecte morfologice diferite, în funcție de închiderea sau deschiderea ostiolei. Așa de pildă la *Vicia faba*, nucleul este fusiform cînd ostiola este închisă și capătă forma unei palete atunci cînd ostiola se deschide.

La microscopul electronic, în celulele stomatice închise de la *Verbascum thapsus*, s-a observat starea dispersată a cromatinei, iar la stomatele deschise, cromatina aglomerată în diferite puncte ale nucleului.

**Deschiderea ostiolei.** Închiderea și deschiderea ostiolei se datorește îngroșării inegale a pereților celulelor stomatice. Mecanismul intim al deschiderii ostiolei nu este pe deplin cunoscut, iar ceea ce se cunoaște nu poate fi generalizat la toate tipurile de stomate. După o ipoteză mai veche, deschiderea ostiolei este determinată de mărirea turgescenței celulelor stomatice la un moment dat. Aceasta se datorește creșterii presiunii osmotice în celulele stomatice, determinate de descompunerea la lumină a amidonului, produs în urma fotosintezei, în molecule mai simple (glucoză 1-fosfat). Prin ridicarea presiunii osmotice (uneori pînă la 20 atmosfere sau chiar mai mult), celulele stomatice devin hipertonice, absorb apa din celulele vecine și devin turgescente. Mărirea turgescenței atrage după sine întinderea pereților celulelor stomatice. Pereții tangențiali externi și interni fiind puternic îngroșați nu se întind; pereții dorsali fiind subțiri se bombează și trag totodată și pereții ventrali determinînd deschiderea ostiolei. Cînd turgescența scade, celulele stomatice se apropie și ostiola se închide.

După o ipoteză actuală, deschiderea ostiolei este determinată de cationii monovalenți (în special de K) care pătrund în mod activ din celulele anexe în vacuolele celulelor stomatice, determinînd creșterea potențialului osmotic al acestora. Fenomenul duce la pătrunderea apei în celulele stomatice, la mărirea turgescenței lor și, în final, la deschiderea ostiolei. Cînd substanțele osmotice active, ionii de K, ies din vacuolă împreună cu apa, presiunea osmotică și turgescența celulelor scad și stomata se închide.

După opinia specialiștilor (*H. Fischer* și *Ilsiaa*, 1968, *Pallagy*, 1971, *Raschke*, *Fellow*, 1971 ș.a.), hidrații de carbon servesc ca sursă de energie pentru transportul activ al cationilor.

**Tipuri de stomate.** Deși deschiderea stomatelor este determinată după cum am văzut, de creșterea presiunii osmotice datorită construcției diferite, celulele stomatice își modifică în mod caracteristic forma în momentul deschiderii ostiolei. *S. Schwendener* (1881), *H. Guttenberg* (1959) ș.a. deosebesc din acest punct de vedere, patru tipuri principale de stomate (fig. 40).

1. **Tipul amarilidaceu.** Cuprinde stomatele alcătuite din celule stomatice reniforme cu pereții dorsali subțiri; pereții ventrali sînt inegali îngroșați formînd două muchii (creste). În acest caz deschiderea ostiolei se face în urma modificării celulelor stomatice paralel cu suprafața epidermei astfel: cînd turgescența crește, pereții dorsali, subțiri se întind mult apăsînd puțin pe celula anexă. Din această cauză se înconvoaie și pereții ventrali mai rigizi determină deschiderea ostiolei. În secțiune transversală, lumenul celulei stomatice este triunghiular; unul din vîrfurile triunghiului este îndreptat spre ostiolă, acolo unde peretele ventral este destul de subțire. Tipul amarilidaceu este foarte frecvent atît la monocotiledonate cît și la dicotiledonate.

2. **Tipul graminaceu.** Stomatele de acest tip sînt *biperigene*; celulele stomatice avînd forma unor haltere. Capetele acestor celule stomatice sînt dilatate veziculi-



©BCUCluj 2019

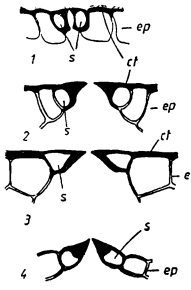



Fig. 40. Tipuri structurale de stomate: *1 — Nymphaea alba; 2 — Trianea bogotensis; 3 — Lemna minor; 4 — Alsophila* sp.: *ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *s* — celule stomatice (d. M. Andrei și H. Guttenberg).

form; pereții acestora sînt subțiri, celulozici. Partea mijlocie a stomatei este alungită și îngroșată neuniform; pereții ventrali sînt mai subțiri decît cei dorsali care sînt puternic îngroșați; lumenul porțiunii mijlocii a stomatei este extrem de îngust. În urma creșterii turgescenței, capetele dilatate, cu pereți subțiri, își măresc volumul, determinînd îndepărtarea pereților îngroșați și, în cele din urmă, deschiderea ostiolei. Nucleele din celulele stomatice de tip halteriform apar ca două elipse legate printr-o comisură subțire. O structură asemănătoare de stomate a fost identificată și la unele dicotiledonate: *Hakea suaveolens* și *Acacia sp.*

3. **Tipul pteridofitic** (tipul *Mnium*). Stomatele pteridofitelor și a unor briofite se deosebesc de cele descrise la angiosperme atît prin construcție cît și ca mecanism de deschidere. Se caracterizează prin pereți periclinali subțiri și elastici, în timp ce pereții anticlinali sînt inegali îngroșați și anume: pereții dorsali sînt îngroșați și rigizi, iar cei ventrali sînt prevăzuți cu coaste cutinizate. Ostiola se deschide prin schimbarea diametrului transversal în sens perpendicular față de suprafața epidermei. În asemenea situație oricare ar fi starea de turgescență a celulelor stomatice, dimensiunile stomatelor privite de sus rămîn neschimbate.

Stomate de acest tip se întîlnesc pe sporogonul unor mușchi și pe frunzele ferigilor.

4. **Tipul gimnospermie**. Se consideră că cea mai caracteristică structură a stomatelor pentru gimnosperme o constituie stomata de la *Pinus montana*. În secțiune transversală celulele stomatice au forma de elipsă a cărei axă lungă este puțin oblică față de planul suprafeței frunzei. Două din capetele celulelor stomatice sînt mai lățite, din care cauză îmbracă forma de triunghiuri isoscele. Pereții celulelor stomatice sînt parțial lignificați. Stomatele sînt mult sub nivelul epidermei, din care cauză celulele peristomatice le acoperă în bună măsură. Mecanismul de deschidere este asemănător cu cel de la poacee (fig. 41).

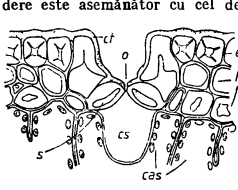



Fig. 41. Structura stomatei la *Pinus* sp.: *cas* — celule asimilatoare; *cs* — cameră substomatică; *ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *hi* — hipodermă; *o* — ostiolă; *s* — celule stomatice (d. H. Guttenberg).



CărtiAzimin 2013

În afară de aceste tipuri descrise, se mai întîlnesc și altele atît la monocotiledonate cît și la dicotiledonate. Așa de pildă la *Haloxylon* sp., *Anabasis* sp., la palmieri, la gimnosperme ș.a. Această variație structurală presupune și diferite moduri de funcționare.

La conifere au fost descrise de *R. Florin* (1931, 1958) șapte tipuri de stomate, după modul de mișcare al celulelor stomatice la deschiderea ostiolei. Aceste mișcări se datoresc poziției diferite a porțiunilor de pereți, îngroșate și neîngroșate.

La gimnospermele fosile au fost identificate două tipuri de stomate: *haplocheilice* (gr. *haploos-*; *cheilos* = buză) și *sindetocheilice* (gr. *syndetos* = unit; *cheilos-*).

**Tipul haplocheilic** (*Cycas* sp., *Ephedra* sp., *Ginkgo biloba*, *Coniferales*). Celulele stomatice se formează direct din celula mamă stomatică, în urma unei singure diviziuni; celulele anexe sînt perigene, adică nu se formează din celula mamă stomatică, ci ele provin din celulele vecine, epidermice. Se cunosc stomate haplocheilice *monociclice*, cînd celulele anexe sînt dispuse pe un cerc sau în rozetă (*Pinus* sp., *Larix* sp., ș.a.) și *amficiclice*, cînd celulele anexe sînt dispuse pe două cercuri sau rozete concentrice (*Abies alba*, *Picea* sp). Unele plante (*Tsuga* sp., *Cedrus* sp. ș.a.) au ambele subtipuri de aparate stomatice.

**Tipul sindetocheilic** (*Welwitschia* sp., *Gnetum* sp., ș.a.). Celula mamă stomatică se divide prin doi pereți în 3 celule; celula centrală se va divide ulterior în două celule stomatice, iar cele laterale se diferențiază în celule anexe. Deci celulele anexe sînt mezogene.

În ambele cazuri ostiola se formează schizogen. Se consideră că stomatele haplocheilice sînt mai primitive decît cele sindetocheilice.

După modul în care sînt dispuse celulele anexe în jurul celulelor stomatice la dicotiledonate și după numărul lor, *C. R. Metcalfe* și *L. Chalk* (1950, 1951) deosebesc următoarele tipuri morfologice de stomate: *anomocitic*, *anizocitic*, *diacitic*, *paracitic*, *actinocitic*, *tetracitic*, la care *C. A. Stace* și *Van Cotthem* (1963, 1968) au mai descris și adăugat, tipurile *ciclocitic* și *staurocitic*.

La ferigi au fost identificate de către *Van Cotthem* (1971) alte patru tipuri de stomate care se deosebesc de cele descrise la angiosperme și anume: tipul *hipocitic*, *pericitic*, *desmocitic* și *polocitic*.

**Stomatele la angiosperme**. La dicotiledonate stomatele sînt, cu puține excepții, repartizate pe fața inferioară a frunzei. La cele mai multe specii stomatele iau naștere asemănător tipului sindetocheilic descris la gimnosperme. Celula epidermică primordială se divide de cîteva ori, mitotic, rezultînd un meristemoid. O celulă a meristemoidului devine celulă mamă stomatică, iar celelalte celule ale meristemoidului devin celule anexe (*Cruciferae*, *Fabaceae*, *Labiatae*, *Boraginaceae*, *Cactaceae*, *Crassulaceae* ș.a.). La *Solanaceae* ș.a. stomatele se formează după un model asemănător tipului haplocheilic.

Cele mai răspîndite tipuri de aparate stomatice sînt: *anomocitic* (gr. *anomos* = neregulat, nenormal; *kytos-*), *anizocitic*- (gr. *anisos* = inegal; *kytos-*), *diacitic* (gr. *dia* = prin, de-a lungul; *kytos-*) și *paracitic* (gr. *para* = de lîngă; *kytos-*).

**Tipul anomocitic** (ranunculaceu). Se caracterizează prin celule stomatice înconjurate de un anumit număr de celule anexe care nu diferă ca mărime și formă de celelalte celule epidermice. Acest tip de aparat stomatic a fost identificat la *Ranunculaceae*, *Geraniaceae*, *Cucurbitaceae*, *Malvaceae*, *Capparidaceae*, *Papaveraceae*, *Scrophulariaceae*, *Tamaricaceae*, *Nymphaeaceae* ș.a.

**Tipul anizocitic** (crucifer). Se caracterizează prin celule stomatice înconjurate de 3 celule anexe inegale, din care una este net mai mică decît celelalte două. A fost identificat la *Cruciferae*, unele *Solanaceae* (*Solanum* sp., *Nicotiana* sp., ș.a.), la unele *Rosaceae* (*Sedum* sp. ș.a.).



GeoRedactare 2019

**Tipul diacitic** (cariofilaceu). În acest caz fiecare stomată este înconjurată de două celule anexe al căror perete comun este perpendicular pe axa longitudinală a stomatei. A fost descris de la *Caryophyllaceae, Acanthaceae* ş.a.

**Tipul paracitic** (rubiaceu). Se caracterizează prin aceea că fiecare celulă stomatică este însoţită de una sau mai multe celule anexe ale căror axe longitudinale sînt paralele cu cele ale celulelor stomatice şi al ostiolei. A fost descris de la *Rubiaceae, Magnoliaceae, Convolvulaceae, Mimosaceae, Fabaceae* (*Ononis* sp., *Arachis* sp., *Phaseolus* sp., *Psoralea* sp. ş.a.).

La multe unităţi taxonomice (*Apocynaceae, Begoniaceae, Buxaceae, Moraceae, Piperaceae, Solanaceae, Fabaceae, Polygonaceae* ş.a.) se întîlnesc diferite tipuri de aparate stomatice în cadrul aceleiaşi familii şi mai rar, chiar în cadrul aceluiaşi gen (*C. Toma*, 1975).

La monocotiledonate, *G. L. Stebbins, Klush*, (1961), *Paliwal* (1969) ş.a. deosebesc alte cîteva tipuri de aparate stomatice: *aperigen, biperigen, tetraperigen, hexaperigen, multiperigen*.

**Tipul aperigen**. Se caracterizează prin lipsa celulelor anexe. Este cel mai răspîndit printre monocotiledonate.

**Tipul biperigen**. În acest caz celulele stomatice sînt însoţite de două celule ale căror axe lungi sînt paralele cu axa lungă a ostiolei; caracterizează numeroase monocotiledonate, inclusiv poaceele.

**Tipul tetraperigen** (tetracitic). Se caracterizează prin celule stomatice înconjurate de 4 celule anexe.

**Tipul hexaperigen**. Se caracterizează prin 6 celule anexe, dintre care 4 sînt dispuse lateral şi două polar.

**Tipul multiperigen**. La acest aparat stomatic, numărul celulelor anexe depăşeşte cifra şase; ele sînt dispuse inelar în jurul celulelor stomatice sau fără nici o ordine.

Subliniem că tipurile de stomate pot constitui criterii de separare a unor unităţi taxonomice. De multe ori însă, aşa cum s-a arătat, în cadrul aceleiaşi familii, gen sau chiar specie se întîlnesc diferite tipuri de aparate stomatice. Un exemplu în acest sens îl constituie familia *Caryophyllaceae*, în cadrul căreia se întîlnesc stomate de tip diacitic şi anomocitic; la *Fabaceae*, chiar pe aceeaşi frunză se formează stomate de tip diferit.

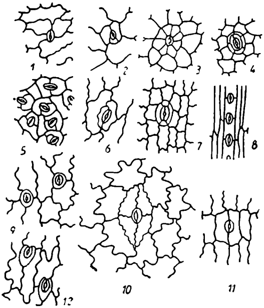
Din punct de vedere filogenetic, s-a avansat ideea că tipul cu 4 sau mai multe celule anexe este mai primitiv decît tipurile cu mai puţine sau lipsite de celule anexe. Din păcate aceste date nu se pot corela şi cu evoluţia altor elemente anatomice cum ar fi cea a elementelor traheale, aşa încît problema superiorităţii plantelor cu aparate stomatice cu mai puţine celule anexe faţă de cele cu celule anexe numeroase rămîne valabilă numai în măsura în care se are în vedere şi alte elemente structurale (fig. 42).

**Stomate acvifere**. Cele mai multe stomate sînt *aerifere*, deoarece ostiolele şi camerele lor substomatice sînt pline cu aer. Se dă numele de *stomate acvifere* unor stomate a căror ostiolă şi cameră substomatică sînt pline cu apă. Stomatele acvifere sînt mult mai mari şi au ostiola permanent deschisă; în unele cazuri celulele stomatice dispar complet lăsînd în loc o mare ostiolă limitată numai de celule anexe. La *Crassulaceae* şi *Saxifragaceae* stomatele acvifere au ostiola relativ mică în timp ce la *Araceae* şi *Tropaeolaceae* ostiola este mare şi întotdeauna larg deschisă. În general, se întîlnesc la extremitatea nervurilor: una sau cîteva stomate acvifere împreună cu ţesutul numit *epitem*, alcătuiesc o *hidatodă*. Stomatele acvifere se formează din stomatele aerifere care la un moment dat devin nefuncţionale prin pierderea capacităţii de a se mai închide.



CC-BY-SA-NC 2019

Fig. 42. Tipuri de stomate:
*1* — anomocitic; *2* — anizocitic; *3* — actinocitic *4* — ciclocitic; *5* — diacitic; *6* — paracitic; *7* — tetracitic; *8* — hipocitic; *9* — pericitic; *10* — staurocitic; *11* — desmocitic; *12* — polocitic (d.M. Andrei).




**Hidropote.** La unele plante acvatice submerse, anumite celule epidermice se diferenţiază în *hidropote.* Hidropotele sînt structuri de natură epidermică alcătuite din una sau mai multe celule epidermice grupate, specializate, permeabile pentru apă şi săruri (fig. 43), de obicei mai mici decît celulele obişnuite. Celulele epidermice care se diferenţiază în hidropote se numesc meristemoide ale hidropotelor. Ele se deosebesc de celelalte celule epidermice prin conţinutul bogat în citoplasmă granulară. Meristemoidele hidropotelor se observă în cazul genurilor *Nelumbo* sp., *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum* ş.a., pe partea inferioară a frunzelor tinere încă din stadiul de mugure. La microscopul electronic meristemoidele hidropotelor sînt prevăzute cu un nucleu voluminos, vacuole puţine, bogate în flavone, tanin, cloroplaste, mitocondrii, dictiozomi, reticul endoplasmatic (*Kristen*, 1971).

În mod obişnuit cuticula epidermei acoperă şi celulele diferenţiate în hidropote. Analizată la microscopul electronic, cuticula hidropotelor apare poroasă. Porii cuticulari corespund cu spaţiile intermicrofibrilare ale pereţilor tangenţiali externi ai celulelor hidropotelor. La nivelul acestor pereţi are loc schimbul de substanţe dintre ţesuturile vii ale frunzelor şi mediul înconjurător.

**Perii** (trihomi) (gr. *trichoma* = păr). Organele vegetative, tulpina şi frunza sînt acoperite cu peri protectori, glandulari sau neglandulari, iar rădăcina cu peri absorbanţi. În toate cazurile perii sînt formaţiuni de origine epidermică.

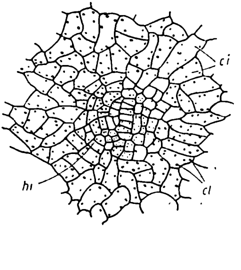



Fig. 43. Structura unei hidropote la *Nymphoides peltata*:
*ci* — celule ale epidermei inferioare; *cl* — cloroplaste; *hi* — hidropotă (d. M. Andrei).

**Trihogeneza.** Anumite celule epidermice printr-o creștere unilaterală se prelungesc către exterior, în sens perpendicular pe suprafața organului, alcătuind peri. Celula inițială epidermică care va genera un păr, poartă numele de *trihocită*. Aceasta se divide la un moment dat printr-un perete transversal față de gradientul de polarizare, în două celule inegale. Cea mai mică dintre cele două celule fiice, devine celula mamă a părului. Această prin diviziuni repetate (în cazul perilor pluricelulari) se transformă în cele din urmă în *piciorul părului* sau *corpul părului*. La unele plante se observă o succesiune acropetală a diviziunilor, adică tot timpul se divide doar celula apicală a părului (*Artemisia* sp.); la alte specii (*Helianthus* sp.), diviziunea se petrece în celula bazală. Această succesiune se numește *bazipetală*. În cazurile cînd celula mamă crește numai ca dimensiuni, fără să aibă loc formarea unui perete despărțitor, ia naștere un păr unicelular sau o *papilă*. La unele malvacee, celula mamă suferă diviziuni cu formare de pereți anticlinali, după care fiecare din celulele fiice se diferențiază fără să mai formeze pereți despărțitori transversali. În acest mod se formează peri în *mănunchi* sau în *fascicul*. Celulele care alcătuiesc rozeta (scutul) părului provenite dintr-o singură celulă mamă epidermală, rămîn unite în partea lor bazală prin intermediul punctuațiunilor în timp ce vîrfurile lor se îndepărtează la distanțe aproximativ egale, părul căpătînd în final forma stelată. Asemenea peri sînt socotiți pluricelulari (*Althaea* sp. ș.a.). În celula mamă a părului primul perete despărțitor este periclinal (cazul cel mai frecvent sau anticlinal (cazul perilor masivi de la *Hieracium* sp., sau a perilor solzoși de la *Hippophae rhamnoides*).

După formarea primului perete periclinal se mai formează alți cîțiva pereți despărțitori și diviziunea se finalizează cu apariția unui păr pluricelular. În cazul perilor pluricelulari trebuie să facem distincția între baza părului, prinsă între celelalte celule epidermice și partea liberă a părului formată din 1—3 sau mai multe celule, care se termină printr-un vîrf ascuțit. Un astfel de păr este considerat ca fiind un tip de păr protector.

La unele specii, celulele din jurul bazei părului formează rozete sau coroane de celule anexe ale părului. Ele se deosebesc de celulele epidermice propriu-zise prin pereții îngroșați și, mai rar, prin prezența cistolitilor.

Baza părului (țîțîna) nu se găsește întotdeauna la nivelul epidermei. De obicei perii rigizi și cei urticanți se află pe niște perniță sau socluri de origine mixtă, epidermică și subepidermică.

**Structura și ultrastructura perilor.** Perii tineri vii, conțin citoplasmă densă, un nucleu, una sau cîteva vacuole și un perete subțire de natură celulozică sau celulozo-pectică. Ei sînt prevăzuți la exterior cu o cuticulă, continuare a cuticulei epidermei.

După o anumită perioadă perii își pierd vitalitatea, se umplu cu aer și devin argintii. La unele plante pereții celulelor perilor se îngroașă pînă la dispariția lumenului și se întăresc prin lignificare. În acest caz perii devin rigizi. La aceasta contribuie în mod substanțial și impregnarea pereților cu $CaCO_3$ și $SiO_2$, substanțe minerale care conferă perilor un plus de rigiditate (*Boraginaceae*, *Compositae*, *Cucurbitaceae*, *Urticaceae*, *Cruciferae*, *Poaceae* ș.a.) (fig. 44).

Forma perilor este uneori atît de caracteristică încît permite identificarea familiei din care face parte specia respectivă.

În ceea ce privește ultrastructura perilor s-a constatat că protoplastul acestora este foarte variat și încă insuficient clarificat la toate tipurile de peri. La unii s-au observat nuclee mari aripate, înconjurate de leucoplaste cu matrice relativ densă, în care se observă globule osmiofile. În perii tineri pluricelulari, ramificați de la *Verbascum thapsus*, au fost identificate cloroplaste cu un sistem lamelar bine dezvoltat, în stroma cărora s-au observat granule de amidon, globule osmiofile, ribo-

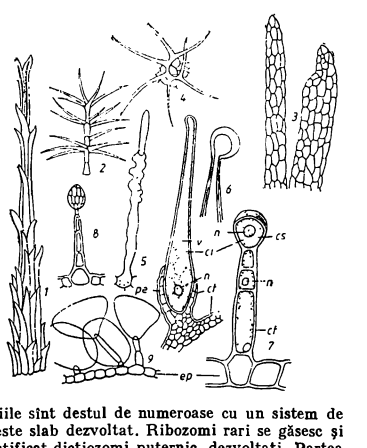



Fig. 44. Tipuri de perI:
1 — păr masiv (*Hieracium aurantiacum*); 2 — păr în formă de candelabru (*Verbascum* sp.); 3 — peri aspri peltolari (*Portulaca oleracea*); 4 — păr unicelular ramificat (*Matthiola* sp.); 5 — păr unicelular viu (*Urtica dioica*); 6 — păr unicelular viu (*Viola tricolor*); 7— păr secretor (glandular) la *Pelargonium zonale*; 8 — coleteare (*Ononis* sp.); 9 — peri veziculoşi (*Atriplex portulacoides*): cl — citoplasmă; cs — celulă secretoare; ct — cuticulă; ep — epidermă; pe — postament epidermal; v — vacuole (d.M. Andrei).

zomi şi reticul periferic. Mitocondriile sînt destul de numeroase cu un sistem de criste bine dezvoltat; RE-granulat este slab dezvoltat. Ribozomi rari se găsesc şi în hialoplasmă. În unii peri s-au identificat dictiozomi puternic dezvoltaţi. Partea centrală a celulei este ocupată de o vacuolă mare sau mai multe vacuole mici.

**Clasificarea perilor.** Cunoaşterea tipurilor de peri are o importanţă taxonomică deosebită deoarece unele familii, genuri sau specii pot fi uşor separate pe baza categoriilor de peri. Criteriile de clasificare ale perilor variază de la un autor la altul. Astfel, *H. Solereder* (1908) împarte perii după funcţionalitate în două tipuri distincte: *peri tectori* şi *peri secretori* (glandulari).

*Peri tectori simpli* (neglandulari). În această categorie sînt cuprinşi perii monosau pluricelulari, perii uniseriali (*Lauraceae*, *Moraceae*, genurile *Pelargonium*, *Gossypium*, *Triticum*, *Hordeum* ş.a.).

*Peri tectori unicelulari*. Din această categorie fac parte: papilele şi perii unicelulari, perii solzoşi, perii ramificaţi, perii uniseriali, viloşi, scvamoşi, masivi, absorbanţi ş.a.

*Papile şi peri unicelulari*. Sînt cele mai simple structuri trihomice, fiind alcătuite dintr-o singură celulă. În cazul cel mai simplu, perii alcătuiţi dintr-o singură celulă scurtă şi conică sau mai lungă, dar rotunjită la vîrf, poartă denumirea de papilă. La unele plante în papile se depozitează o cantitate oarecare de apă de unde şi numele de hidrotrihomi pe care îl mai poartă. Aceste structuri sînt ovale sau veziculiforme (*Mesembryanthemum* sp., *Rochea* sp. ş.a.). Celulele epidermei petalelor multor specii de plante se diferenţiază în papile; ele dau aspectul catifelat al acestora (*Viola* sp., *Dianthus* sp. ş.a.). Dar papila se diferenţiează şi pe organele vegetative. De fapt în primele lor stadii de dezvoltare perii de aproape toate tipurile trec prin stadiul de papilă.

În ceea ce priveşte perii unicelulari, în mod obişnuit sînt lungi şi cu vîrful ascuţit, cu excepţia părului cilindric de pe frunzele de la *Fuchsia* sp. care este rotunjit la vîrf. Se cunosc şi peri unicelulari ramificaţi. Aşa de exemplu la *Cruciferae* (*Capsella bursa pastoris*, *Alyssum* sp. ş.a.) la *Tilia argentea* ş.a., perii sînt



CDeLaUnu 2013

stelați; formă evident stelată au perii de la *Deutzia scabra*. În alte cazuri perii unicelulari sînt dispuși pe postamente epidermice pluricelulare, cîte unul (*Urtica* sp., *Humulus lupulus*) sau mai mulți (*Althaea* sp.) în care caz perii sînt grupați în mănunchi sau fascicule.

La genul *Gossypium* perii seminali se formează din epiderma integumentului ovulului în timpul antezei și continuă să se formeze timp de 10 zile după aceasta. Sînt unicelulari și alcătuiți aproape exclusiv din celuloză pură. Perii de la bumbac, cunoscuți în industria textilă sub numele de fibre, pot atinge 6 cm lungime; ei constituie una din materiile prime în industria textilă. Spre deosebire de marea majoritate a perilor epidermici, peretele perilor de bumbac crește secundar în grosime (creștere multi-netă).

La microscopul electronic s-a stabilit că microfibrilele care intră în alcătuirea fibrelor celulozice de bumbac au grosimea de 100 Å. Aproximativ 250 de microfibrile formează o *fibrilă*, iar 1 500 de fibrile formează o fibră macroscopică, respectiv firul de bumbac (*B. Matienko*, 1965).

O categorie de peri unicelulari fundamental deosebită, structural și funcțional o constituie *perii absorbanți* (radiculari). Aceștia au forma tubulară sau cilindrică și de obicei sînt neramificați. Se formează din epiderma rădăcinii (rizoderma) în mod asemănător cu papilele de care se deosebesc prin lungimea lor. Perii absorbanți variază ca lungime între 0,8—1,5 mm și 5—17 μ în diametru. Se caracterizează prin pereți subțiri necutinizați, vacuole mari și nuclee situate de obicei apical.

Cercetări electronomicroscopice efectuate asupra perilor absorbanți au scos în evidență că în stratul extern al peretelui, microfibrilele nu au o orientare precisă. Ele sînt incluse într-o masă amorfă în compoziția căreia intră pectina și hemiceluloza. Stratul intern este constituit din microfibrile celulozice orientate de-a lungul axei, înconjurate de o cantitate mică de material amorf.

*K. Esau*, 1957, consideră că peretele părului absorbant este alcătuit de la exterior la interior din următoarele succesiuni de elemente: un strat de mucilagiu, o cuticulă, un strat de pectină și un strat de celuloză cu pectină. În anumite condiții ecologice, în perii absorbanți se poate forma caloză.

*R. A. Popham* și *R. D. Henry* (1955), au descris peri radiculari multicelulari la radicelele aeriene adventive de la *Kalanchoe fedtschenkoi*, iar *M. Andrei* (1982) identifică peri absorbanți ramificați 2—3 celulari, pe rădăcinile adventive de la *Ficaria verna*.

Perii radiculari absorbanți se diferențiază mai sus de zona meristematică din vîrful vegetativ respectiv, deasupra zonei netede, acolo unde celulele epidermice au capacitatea de a se alungi centrifugal. Ei se formează acropetal, adică înspre vîrful rădăcinii, inițial sub forma unor mici proeminențe (excrescențe) ale peretelui tangențial extern al celulelor epidermice. Aceste proeminențe se alungesc la capătul lor unde peretele este mai subțire, mai moale și mai plastic (microfibrilele au o altă orientare decît cea paralelă). Tot în această zonă se află nucleul înconjurat de citoplasmă densă și numeroase vezicule golgiene. *R. G. H. Cormack* (1949) a observat că celula mai mică, rezultată din diviziunea unei celule epidermice este cea care se transformă, prin creștere centrifugală, în păr absorbant. La unele specii numai anumite celule epidermice, numite trihoblaste sau celule pilifere, pot genera peri absorbanți. Acestea sînt, de obicei, celule mici care rezultă din diviziunile inegale ale celulelor epidermice.

Perii absorbanți au în general o viață scurtă, de numai cîteva zile. Odată cu moartea lor, celulele epidermice respective se escuamează sau pereții lor se subrifică.

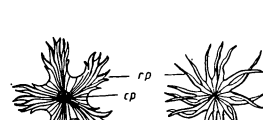



Fig. 45. Perii pluricelulari solzoşi la *Elaeagnus angustifolia*:
*1, 2* — văzuţi apical; *cp* — celulele picioruluí; *rp* — ramificaţiile părului (d. I. T. Tarnavschi şi colab.).

La unele plante perii absorbanţi sînt permanenţi. De obicei pereţii unor asemenea peri se îngroaşă, iar perii pierd capacitatea de a absorbi apa.

*Peri tectori pluricelulari*. În afară de perii tectori unicelulari, pe organele vegetative se formează şi peri pluricelulari. Aceştia sînt alcătuiţi din două sau numeroase celule separate prin pereţi despărţitori, peri- sau peri- şi anticlinali. Ca şi în cazul perilor unicelulari, vorbim şi aici de baza (ţiţîna) părului şi *corpul* sau piciorul părului. Aşa de exemplu la *Eurotia ceratoides* (*Chenopodiaceae*) corpul părului de formă stelată, alcătuit din 7—12 raze se sprijină pe un picioruş separat de acesta de un perete despărţitor. La unele malvacee, la genul *Hieracium* ş.a., în urma diferenţierii succesive a pereţilor periclinali (cel mai frecvent) sau anticlinali, se formează peri pluricelulari, alcătuiţi din numeroase celule, dispuse diferit.

După aspectul lor morfologic, perii pluricelulari pot fi: solzoşi, în formă de candelabru (stufoşi), uniseriali (lineari), viloşi, scvamoşi masivi etc.

*Perii solzoşi şi stelat solzoşi*. Sînt alcătuiţi din celule dispuse în rozetă (scut) de jur împrejurul unui picioruş pluricelular de natură epidermică sau epidermică şi subepidermică. Ei pot fi sesili, în care caz se numesc scvamoşi sau prevăzuţi cu un picioruş scurt, peri peltaţi, aşa cum se întîlnesc la *Olea europaea, Elaeagnus angustifolia* ş.a. Aşa de pildă la *Elaeagnus angustifolia* picioruşul 2—3 celular poartă o rozetă (scut) alcătuită din numeroase raze unicelulare unite prin bazele lor. În partea centrală a rozetei (văzută apical) se găsesc cîteva celule mici care aparţin extremităţii picioruşului (fig. 45).

*Peri în formă de candelabru* (peri ramificaţi sau stufoşi). În această categorie intră perii de la *Platanus* sp., *Verbascum* sp., *Styrax* sp. ş.a.

La *Verbascum thapsus*, celulele care alcătuiesc axa părului poartă la capătul superior un verticil de ramificaţii laterale, unicelulare.

*Peri uniseriali* (lineari). Sînt alcătuiţi dintr-un şir simplu de mai multe celule puse cap la cap, aşa ca la *Solanum tuberosum, Hyosciamus niger, Pelargonium zonale, Stellaria media* ş.a.

*Peri viloşi*. Aceştia constau, cel puţin la bază, din două sau mai multe şiruri de celule (*Portulaca oleracea, Schizanthus* sp., unele compozite ş.a.).

*Peri scvamoşi* (membranoşi, paleacei). Rezultă numai din creşterea în două din cele 3 dimensiuni ale spaţiului a celulei epidermice trihogene. Ei pot fi simpli sau ramificaţi şi totdeauna sesili; sînt peri caracteristici ferigilor.

*Peri masivi*. Rezultă din creşterea în toate direcţiile a celulei epidermice trihogene. Perii au înfăţişarea unei coloane alcătuite din alipirea mai multor celule de lungimi diferite, cu capetele divergente care se subţiază spre capătul distal. Părul masiv se formează dintr-o singură celulă mamă epidermică (*Papaver* sp.) sau din mai multe celule mamă (*Compositae* şi unele *Labiatae*). Baza părului masiv se formează de obicei cu participarea celulelor subepidermice (ex. *Hieracium* sp.).

*Peri secretori* (glandulari). Sînt peri uni- sau multicelulari, care au capacitatea de a secreta anumite substanţe, graţie prezenţei în constituţia lor a unor celule secretoare sau glandulare dispuse de obicei apical. Anumiţi peri constau dintr-un corp multicelular înconjurat de celule secretoare de tip palisadic. În cele mai multe cazuri perii secretori sînt alcătuiţi dintr-un picioruş pluricelular, care poartă în vîrf o celulă secretoare (*Pelargonium zonale, Primula sinensis* ş.a.). În sfîrşit, la unele

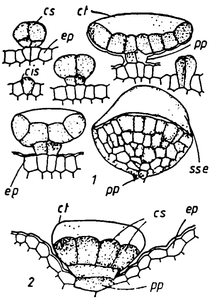



Fig. 46. Peri secretori (glandulari):
1 — *Humulus lupulus*; 2 — *Mentha piperita*: *cis* — celulă inițială secretoare; *cs* — celule secretoare; *ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *pp* — piciorul părului; *sse* — substanță secretoare (d. I. T. Tarnavschi și colab.).

*Labiatae*, *Compositae*, *Solanaceae* ș.a., perii secretori sînt alcătuiți dintr-un piciorуș mai scurt sau mai lung care poartă în vîrf un grup de celule secretoare, dispuse în mod caracteristic.

Substanțele secretate alcătuite frecvent din terpene, străbat peretele celulei (celulelor) secretoare și se acumulează între aceasta și cuticulă. După un anumit timp, cuticula se rupe și substanțele ies afară (fig. 46). Foarte frecvent pe catafilele mugurilor unor specii ca *Aesculus hippocastanum*, *Syringa vulgaris*, *Rosa* sp., ș.a., pe tulpinile și frunzele de la *Ononis* sp. și pe caliciul de la *Plumbago capensis* se găsesc numeroși peri secretori care produc o substanță cleioasă, contribuind la mărirea rezistenței la temperaturi scăzute. Acești peri secretori lipiți împreună, grație substanței secretate se numesc *coletere*. Ei sînt alcătuiți dintr-un piciorуș pluricelular care poartă în vîrf un grup de celule secretoare. Un păr viu cu o specializare înaltă îl reprezintă părul urticanat de la *Urtica dioica*. Acesta constă dintr-o singură celulă conică lungă a cărei bază este puternic umflată (bulbiformă), în timp ce vîrful, îngust acicular se termină cu o mică măciulie aplecată într-o parte. Baza părului este împlîntată într-un postament epidermal pluricelular în formă de cupă, situat deasupra nivelului epidermei; în partea bazală a părului se află nucleul înconjurat de citoplasmă. Peretele părului unicelular este mineralizat în partea distală a lui, sub măciulie, cu $SiO_2$, ceva mai jos cu $CaCO_3$. O astfel de constituție a peretelui celular imprimă acestuia un înalt grad de friabilitate. Așa se face că atunci cînd părul este ușor atins, măciulia se desprinde după o linie oblică predeterminată. Vîrful rupt se aseamănă cu vîrful unui ac de seringă. Pătrunzînd în pielea animalelor părul injectează conținutul său iritant alcătuit din histamină și acetilcolină. Aceste substanțe produc mai întîi senzația de arsură apoi de mîncărime.

Toxina conținută în părul de la *Urtica urentissima* și *U. stimulans* este foarte puternică. Ea produce la om stări de boală prelungită, spasme și chiar moartea.

*Peri efemeri* (caduci). La unele specii de plante toți perii sau numai o parte din ei, după o anumită perioadă, cad de pe organul pe care s-au format. Așa de exemplu, frunzele de *Fagus* sp. și unele specii de *Viola* ș.a., sînt păroase în tinerețe și glabre la maturitate.

La *Atriplex portulacoides* perii veziculiformi se usucă la maturitatea frunzei, iar conținutul lor bogat în săruri rămîne pe suprafața ei, sub forma unei pulberi albe.



©RedAbaris 2013

**Rolul protector al perilor.** Organele plantelor acoperite cu un indument de peri pîsloşi (arahnoideu păroase) sînt izolate termic. Un exemplu clasic în acest sens îl reprezintă *Espeletia* sp. (*Compositae*) care creşte în paramosurile din Columbia şi Ecuador la altitudine de 3 000—4 500 m. Frunzele acestei plante sînt protejate de lumina solară puternică de peri triplu recurbaţi dispuşi pe ambele feţe ale acestora. Perii morţi reduc substanţial transpiraţia abundentă, apără organele plantelor împotriva animalelor etc. Perii tectori vii, dimpotrivă mărese mult intensitatea transpiraţiei.

**Emergenţe.** Sînt structuri specializate mai complexe decît perii deoarece în afară de epidermă, la alcătuirea lor mai participă şi alte ţesuturi subepidermale. Aşa de pildă la formarea spinilor de pe fructul de *Aesculus hippocastanum* şi a celui de *Datura stramonium* în afară de epidermă mai participă 3 straturi subepidermice. La formarea spinilor de la *Rosa canina*, *Rubus* sp., *Prunus spinosa* ş.a., în afară de epidermă mai participă, şcoarţa, ţesut mecanic, ţesut conducător şi în ultimul exemplu şi ţesut medular.

Dintre ţesuturile apărătoare primare în afară de epidermă, ţesut al tuturor organelor vegetative, mai fac parte exoderma şi endoderma. Datorită prezenţei celulelor suberificate (suberificare primară), exoderma şi endoderma se mai numesc ţesuturi protectoare suberoase primare.

### 2.3.2.3. Exoderma

Este un ţesut primar de apărare caracteristic rădăcinilor. Exoderma aparţine scoarţei primare, prin urmare cele două ţesuturi au origine comună. Prin exodermă se înţelege stratul sau straturile subrizodermice ale scoarţei externe ale căror celule sînt într-o oarecare măsură specializate pentru preluarea funcţiei de apărare, după descuamarea epidermei.

Celulele exodermei sînt vii, de obicei poligonale, cu pereţii uşor lignificaţi. Ele pot fi încă celule parenchimatice sau celule colenchimatice, de obicei lipsite de spaţii intercelulare. În cazul cînd celulele sînt suberificate, mai rămîn totuşi celule cu pereţii nesuberificaţi, care alcătuiesc *celulele de pasaj* sau de trecere. Prin aceste celule circulă apa absorbită de perii absorbanţi în drum spre cilindrul central.

Rădăcini lipsite de exodermă întîlnim la unele dicotiledonate cum sînt: *Trifolium pratense*, *Pisum sativum*, *Phaseolus coccineus*, *Ulmus campestris* ş.a.

La monocotiledonate, dimpotrivă, exoderma lipseşte mult mai rar. S-a constatat că rădăcinile în scoarţa cărora se află cloroplaste, cum sînt cele ale unor plante acvatice (*Stratiotes aloides*, *Hydrocharis morsus ranae*, *Pistia stratiotes* ş.a.) sînt lipsite de exodermă. La dicotiledonate, exoderma este alcătuită de obicei dintr-un singur strat de celule, mai rar din două sau trei (specii de *Ranunculus*), în timp ce la monocotiledonate, numărul lor este, în mod obişnuit, de 2—3 sau mai multe. În asemenea cazuri, exoderma poartă denumirea de *cutis*. La unele poacee, piperacee şi la palmieri, scoarţa se sclerifică şi se transformă în ţesut mecanic de protecţie.

### 2.3.2.4. Endoderma (flioiterma)

Este ţesutul cel mai intern al scoarţei primare întîlnit mai ales la rădăcină, mai rar la tulpină şi frunză. Endoderma este un ţesut viu alcătuit din celule poligonale, dispuse ordonat într-un singur strat fără spaţii intercelulare. În cazuri foarte rare, la *Smilax excelsa*, *Schizandra* sp., endoderma este bistratificată. Pereţii celulelor endodermei sînt inegal îngroşaţi sau complet neîngroşaţi.

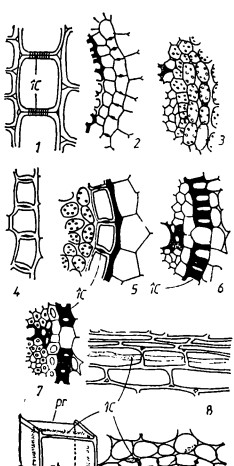


Fig. 47. Diferite tipuri de endoderme:
*1—2* — benzi *Caspary* la *Ranunculus fluitans* (tulpină); *3* — aceeași la *Acorus calamus* (rădăcină); *4—5* — *Dryopteris filix-mas* (*4* — pețiol tînăr; *5* — pețiol matur); *6* — *Iris germanica* (rădăcină); *7* — *Epidendrum* sp.; *8* — *Plantago major* (secțiune longitudinală); *9* — celulă endodermică văzută în spațiu; *10* — celulă endodermică înainte de a fi tratată cu alcool; *11* — aceeași tratată: *tC* — îngroșări *Caspary*; *pr* — perete radial; *pt* — perete tangențial (d. M. Andrei).

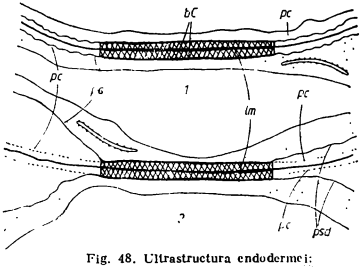


Fig. 48. Ultrastructura endodermei:
*1* — plasmalema retrasă în lungul benzilor *Caspary* și ondulată în celelalte părți; *2* — plasmalema în celulele plasmolizate se desprinde de peretele celular: *bC* — benzi Caspary; *lm* — lamelă mijlocie; *pc* — perete celular; *ps* — plasmalemă; *psd* — plasmalemă desprinsă de pe peretele celular (d. K. Esau).

La *Ranunculus* sp. de exemplu, pereții radiali ai celulelor endodermice, în secțiune transversală prin rădăcină, apar îngroșați în partea lor mijlocie, la alte plante, în special la monocotiledonate, îngroșările pereților sînt în formă de potcoavă (*Iris germanica* ș.a.).

Trebuie subliniat faptul că pereții celulelor endodermei sînt uneori parțial lignificați (*Liliaceae, Iridaceae* ș.a.) și foarte rar complet lignificați (cazul unor orchidee). În orice caz trebuie menționat că nu toate celulele endodermei prezintă pereți îngroșați. Anumite celule, cele din dreptul fasciculelor lemnoase, rămîn neîngroșate. Asemenea celule poartă numele de *celule de pasaj* sau de trecere; ele permit circulația radială a apei.

La multe dicotiledonate pereții radiali ai celulelor endodermice sînt suberificați și încrețiți; la altele celulele nu suferă nici o modificare, dar se disting de celelalte celule ale scoarței prin conținutul lor bogat în amidon, de unde și denumirea de *strat amilifer, floiotermă* sau *teacă amiliferă* ce i s-a mai dat. În secțiune, pereții suberificați prezintă niște îngroșări primare numite și îngroșările lui *Caspary* sau punctele lui *Caspary*.

La celulele mature ale endodermei ca și la cele ale exodermei se adaugă lamele de suberină de jur împrejurul peretelui celular. Formarea lamelor de suberină pe pereții celulelor endodermei este rezultatul polimerizării unor compuși grași nesaturați, catalizați de oxidaze și peroxidaze furnizate de vasele ciuruite. Așa se

explică de ce celulele de pasaj, nesuberificate apar în dreptul fasciculelor de xilem și nu a celor de floem.

La tulpinile supraterane stratul cel mai intern al scoarței nu este diferențiat în mod deosebit. Atunci cînd este totuși diferențiat se prezintă sub formă de *teacă amiliferă*.

La tulpinile subterane și la cele acvatice stratul cel mai intern al scoarței este diferențiat și constituie o *endodermă tipică* alcătuită din celule cu îngroșări *Caspary* și celule de pasaj. În ceea ce privește variațiunile structurii endodermei, ele sînt puține la număr. Dintre acestea menționăm sclerificarea celulelor endodermei la unele monocotiledonate (*Potamogetonaceae, Liliaceae, Cyperaceae* ș.a.). sau numai suberificarea parțială a pereților radiali (*Ricinus communis, Lupinus* sp., *Veronica beccabunga* ș.a.). La alte plante, celulele endodermei acumulează amidon transformîndu-se în *teacă amiliferă*.

Privită în spațiu, endoderma are forma unui cilindru cu rolul de a apăra țesuturile vii ale cilindrului central, de a menține forma normală, circulară a cilindrului central și totodată de a delimita seva brută și elaborată numai la nivelul cilindrului central (fig. 47 și 48).

### 2.3.2.5. Țesutul caliptral

Este caracteristic rădăcinilor avînd rolul de a proteja vîrfurile vegetative meristematice ale acestora. La cele mai multe plante țesutul caliptral își are originea în *caliptrogen*, este deci un țesut protector primar. La scurt timp de la formare țesutul caliptral se organizează într-o formațiune asemănătoare unui deget de mănușă numită *piloriză, scufie* sau *caliptră*. Țesutul caliptral este alcătuit din celule parenchimatice cu pereții ușor suberificați. Pe măsura creșterii rădăcinii, piloriza se dezorganizează, dar de fiecare dată se reface grație inițialelor apicale, astfel încît are întotdeauna o grosime constantă.

La unele plante acvatice, cum sînt *Lemna* sp., *Hydrocharis morsus ranae, Stratiotes aloides, Eichhornia crassipes* ș.a., piloriza este înlocuită de o formațiune specială numită *rizomitră*, care nu se uzează și nu se reînoiește. Plantele parazite, cum sînt *Cuscuta* sp., *Orobanche* sp. ș.a. sînt lipsite de piloriză.

### 2.3.2.6. Țesuturi protectoare secundare

Spre deosebire de țesuturile suberoase primare provenite din celule parenchimatice definitive, în pereții cărora se depun lamele mai subțiri sau mai groase de suberină, țesuturile suberoase secundare au cu totul altă origine. Acestea se formează pornind de la un meristem secundar numit *felogen* sau cambiu subero-felodermic care se formează prin dediferențiere. Subliniem cu această ocazie că țesutul protector primar, principal, numit epidermă, nu se păstrează toată viața plantei decît în mod excepțional. Exfolierea epidermei este legată de creșterea secundară în grosime, determinată de produsele cambiului subero-felodermic și ale cambiului libero-lemnos.

Țesuturile primare de protecție sînt astfel înlocuite în rădăcinile și tulpinile cu creștere secundară în grosime, de un complex de țesuturi apărătoare secundare numit *peridermă*, alcătuit din *suber, felogen* și *feloderm*. Țesutul cel mai important din structura peridermei îl constituie *suberul* sau *pluta*.

**Suberul** este un țesut întotdeauna de origine secundară rezultat din activitatea celulelor felogenului*. Este alcătuit din celule de obicei izodiametrice, tabulare

* Vezi descrierea felogenului la țesuturile meristematice secundare.

sau paralelipipedice lipsite de spații intercelulare. Ele sînt dispuse radiar (unele sub altele) ceea ce demonstrează originea lor dintr-un meristem ale cărui celule se divid prin pereți tangențiali. La maturitate celulele suberului secundar, dispuse în serii regulate, mor. La unele plante (*Fagus* sp., *Betula* sp., *Tilia* sp., *Prunus* sp. ș.a.) celulele sînt puternic aplatizate. La alte plante (*Quercus suber, Acer campestre, Ulmus* sp., ș.a.) înălțimea celulelor suberului este aproape egală cu lățimea.

După opinia unor cercetători, celulele suberului au forma tetrakaidecaedrică (14 fețe) ca și celulele parenchimatice.

Pereții celulelor suberoase variază ca grosime la diferite specii sau chiar în cadrul aceleiași celule. Așa de pildă, la unele celule pereții prezintă chiar punctuațiuni simple. De obicei pereții sînt impregnați cu suberină. Mai rar pereții suberoși se pot și silicifia.

La microscopul electronic peretele celular apare stratificat, datorită alternanței suberinei cu ceară. La celulele de suber cu pereții groși, ultimul strat, dinspre interior este celulozic sau lignificat. Culoarea pereților suberului poate fi galbenă (ex. *Salix* sp., *Quercus* sp. ș.a.), verzuie (*Platanus* sp.) sau pereții sînt incolori, în cazul cînd aceștia sînt complet suberificați (*Salix* sp., *Betula alba* ș.a.).

**Particularitățile suberului.** Experiențele au demonstrat că suberul este un țesut slab impermeabil pentru apă, fiind un bun apărător împotriva transpirației excesive. Suberul este un țesut foarte greu permeabil pentru gaze, chiar la diferențe mari de presiune. Supus la presiune de o atmosferă, un țesut suberos alcătuit din 3 straturi celulare, s-a dovedit a fi impermeabil pentru gaze.

O caracteristică importantă a suberului o reprezintă conductibilitatea termică. Din acest punct de vedere țesutul suberos fiind alcătuit din celule în lumenul cărora se află aer, este slab conducător de căldură. Această particularitate face din suber un țesut apărător împotriva variațiilor mari de temperatură, a frigului excesiv, a agenților patogeni etc.

Suberul stejarului de plută (*Quercus suber*), produs în urma activității felogenului timp de 10—12 ani (atinge pînă la 20 cm grosime), fiind impermeabil pentru gaze, lichide, praf atmosferic infectat etc. este utilizat la închiderea ermetică a sticlelor, ca material izolator și la confecționarea colacilor de salvare.

**Topografia suberului.** Ca țesut secundar de apărare, suberul se diferențiază, în general, la suprafața organelor vegetative, persistente (rădăcină, tulpină, rizomi, tuberculi). Țesutul suberos se întîlnește la unele fructe, în catafilele unor muguri (*Aesculus* ș.a.) etc.

La *Evonymus europaea, E. latifolia, Ulmus minor f. suberifera* se întîlnesc ramuri aripate, arhitectură determinată de despicarea longitudinală simetrică a suberului în benzi proeminente. La aceste plante aripile ramurilor rezultă din activitatea inegală a felogenului dispus la adîncimi diferite în țesuturile acestora. Rănile apărute pe organele unor spermatofite sînt acoperite de *suberul de rană* sau *suber traumatic* produs al unui felogen special. De obicei la rănirea țesuturilor tinere, apare mai întîi un calus, apoi se diferențiază la exteriorul lui un cambiu special care generează *felem* (suber+feloid).

S-a constatat că apariția felogenului special se datorește unei influențe de natură hormonală; celulele rănite elaborează hormoni de rană, sau *necrohormoni*, care acționează asupra celulelor învecinate, determinîndu-le să intre în diviziune. Spălînd rana substanțele activizante sînt îndepărtate, iar procesul de diviziune simțitor diminuat.

La desprinderea frunzelor de pe axele supraterane în timpul toamnei, se formează un țesut de separație la nivelul căruia are loc detașarea organelor respective. Sub acest țesut de separație se diferențiază înainte de desprinderea frunzelor un strat

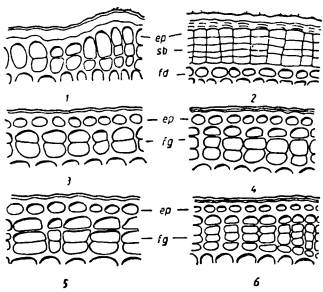



Fig. 49. Originea peridermei:
*1, 2* — în epidermă la *Nerium oleander (1)* și *Salix caprea (2)*; *3 — 6* —în subepidermă la *Betula pendula*; *3* — formarea felogenului; *4 — 6* — faze mai avansate: *ep* — epidermă; *fd* — felodermă; *fg* — felogen; *sb* — suber; (d.I. Grințescu).

felemic, mai mult sau mai puțin dezvoltat, care constituie *suberul de cicatrizare* al suprafeței de separație.

La unii arbori (*Salix* sp. ș.a.) suberul secundar ia naștere în epidermă. La majoritatea arborilor din zona continentală, suberul se formează în straturile corticale subepidermice ale scoarței primare sau în primul strat extern al cilindrului central (periciclu) așa cum este cazul la *Ribes rubrum* (fig. 49).

Suberul se formează nu numai la plantele lemnoase, dar și la cele ierboase, deosebit de frecvent în hipocotil și mai puțin frecvent în rădăcini (cazul unor umbelifere). Uneori epiderma hipocotilului, cum este cazul la *Atriplex hortensis*, se desprinde de scoarță datorită prezenței suberului dintre ele. Suberificarea celulelor se întîlnește nu numai la dicotiledonate și gimnosperme, dar și la monocotiledonate, mai ales la cele cu creștere secundară în grosime unde întîlnim o peridermă propriu-zisă (*Yucca* sp., *Dracaena* sp. ș.a.).

**Tipuri de suber.** După natura elementelor din care este alcătuit și după caracteristicile celulelor țesutului suberos, deosebim două tipuri de suber: *suber moale* și *suber tare*.

*Suber moale*, este alcătuit din celule cu pereții subțiri și elastici. La *Quercus suber* (stejarul de plută) suberul secundar este alcătuit aproape în întregime din suber moale.

*Suber tare*, este format din celule cu pereții îngroșați, rigizi, ca la *Fagus sylvatica* ș.a.; suberul tare nu este nici flexibil, nici elastic. La *Betula pendula* (fig. 50) straturile de suber moale alternează cu straturile de suber tare.

Suberul mai poate fi *simplu*, atunci cînd este alcătuit dintr-un singur tip de celule. Așa de exemplu, suberul moale și suberul tare luate separat, sînt simple.

Suberul este *compus* atunci cînd elementele care îl alcătuiesc fac parte din cele două tipuri luate împreună (*Betula pendula*).

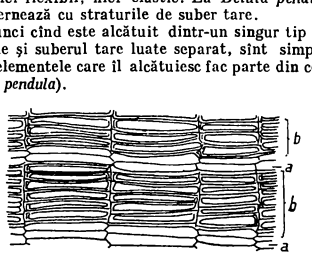



Fig. 50. Secțiune transversală în suberul de *Betula pendula*:
*a* — suber moale; *b* — suber tare (d. I. Grințescu).

Grosimea suberului secundar variază în funcție de vîrsta plantei și de specie. Așa de exemplu la ramurile tinere de salcie suberul este subțire și transparent, datorită faptului că celulele din care este alcătuit sînt pline cu suc celular. La arborii bătrîni suberul este opac și poate să atingă mai mulți centimetri grosime. Suberul de la stejarul de plută atinge 20 cm grosime, iar cel de la mesteacăn este subțire și alb ca hîrtia, datorită faptului că celulele din care este alcătuit sînt pline cu aer.

La rădăcini, mai ales la cele consistente, suberul este în general subțire, aceasta fiind în funcție și de tipul de sol.

**Ritidom** (gr. *rhitis* = sbîrciturâ, încrețitură, aluzie la aspectul exterior al scoarței arborilor). Prin ritidom se înțelege un ansamblu de țesuturi primare și secundare moarte (succesiune de periderme), porțiuni de scoarță primară, scoarță secundară, liber primar și secundar ș.a., care împreună alcătuiesc țesuturile de apărare ale ramurilor, trunchiurilor și unor rădăcini.

În majoritatea cazurilor formarea ritidomului începe la o vîrstă înaintată. Astfel, la salcîm și viță de vie, începe după 2 ani, la ulm, după 3—4 ani, la tei după 10—12 ani, la stejar, după 25—30 ani, iar la molid și carpen, după 50 ani.

**Factorii care determină formarea ritidomului.** În general formarea ritidomului are un caracter de specie. Cu toate acestea, observațiile au arătat că anumite esențe lemnoase cum sînt *Populus tremuloides* ș.a. din unele plantații din SUA, au trunchiurile acoperite cu ritidom neted, în timp ce în altele, atît trunchiurile tinere de 10—20 ani, cît și cele peste această vîrstă, prezintă un ritidom fisurat. S-a mai precizat că formarea ritidomului poate fi determinată de anumite ciuperci și licheni. Acestea se instalează de obicei pe latura nordică și estică a tulpinilor inducînd aici formarea mai puternică a ritidomului decît pe laturile sudică și vestică. Formarea ritidomului poate fi declanșată de vătămări mecanice ale primului periderm și ale felogenului respectiv, determinate de grindină sau vînturile puternice. Mai trebuie subliniat că formarea ritidomului în cantitate mai mare pe unele laturi ale tulpinii este evidentă la arborii care cresc izolat. La pinii izolați, ritidomul se formează mai întîi pe latura nordică și se dezvoltă mai intens decît pe celelalte laturi.

După caracterele felogenului și exfolierea ritidomului, se deosebesc două tipuri de ritidom: *ritidom inelar* (concentric) și *ritidom solzos*.

*Ritidomul inelar.* Este generat de o succesiune de zone generatoare peridermice concentrice. Straturile ritidomului se escuamează sub formă de inele (*Betula pendula, Prunus avium* ș.a.). La unele plante cu felogenul concentric, ritidomul se desface sub formă de fîșii sau fibre în care caz se numește *ritidom fibros* (*Vitis* sp., *Clematis vitalba, Taxodium distichum, Juniperus* sp., *Eucalyptus* sp. ș.a.).

*Ritidom solzos.* Este generat de o succesiune de zone generatoare peridermice sub formă de arcuri cu convexitatea spre centrul organului. La margini, aceste arcuri se ating formînd anastomoze. În acest caz ritidomul se exfoliază sub formă de solzi (*Aesculus* sp., *Malus* sp., *Picea* sp. ș.a.). La foarte multe esențe lemnoase (*Betula* sp., *Pinus* sp., *Aesculus* sp. ș.a.) ritidomul încetează să se mai exfolieze, mai ales în partea înterioară a tulpinilor. În acest caz ritidomul se îngroașă ajungînd la cîțiva centimetri și apoi crapă formîndu-se în cele din urmă o rețea de fisuri adînci și largi.

**Importanța ritidomului.** Pentru plantele cu creștere secundară în grosime, ritidomul are o deosebită importanță: apără plantele de pierderea apei prin transpirație, de supraîncălzire, de îngheț, de pătrunderea paraziților, de incendii și de acțiunea ierbivorelor. Din punct de vedere economic, ritidomul alcătuit numai din felem este utilizat la confecționarea dopurilor de calitate superioară.

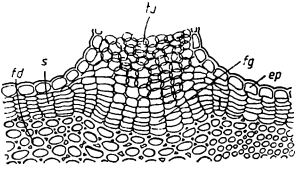



Fig. 51. Secțiune transversală printr-o lenticelă:
*ep* — epidermă; *fg* — felogen; *fd* — — feloderm; *s* — suber; *fu* — țesut de umplere (d. I. Grințescu).

**Lenticele.** Sînt formațiuni suberoase de origine secundară care se formează pe tulpini, rădăcini, peţioluri, ş.a. La majoritatea plantelor ele apar încă din primul an de viață al lăstarilor. Din punct de vedere morfologic, lenticelele au mărimi diferite şi, în general, forma lenticulară. Ele se diferențiază numai pe organele vegetative felogenice. La măr, prun ş.a., lenticelele se formează şi pe fructe. În secțiune transversală, lenticelele apar sub forma unor deschideri sau fisuri în periderm. După orientarea deschiderilor, lenticelele sînt transversale şi longitudinale (fig. 51).

**Diferențierea lenticelelor.** Lenticelele apar de obicei sub stomate în peridermele generate în stratul subepidermal. Ele pot apărea înainte ca tulpina să-şi înceteze creşterea, înaintea apariției peridermului sau simultan cu peridermul, la încetarea creşterii primare. Celulele parenchimatice din jurul camerei substomatice încep la un moment dat să se dividă după diferite planuri dînd naştere unui țesut incolor, lax, afînat. Diviziunile se produc succesiv tot mai în profunzimea țesutului cortical, planul de diviziune devenind periclinal. În acest fel se diferențiază un meristem ale cărui celule se divid periclinal, numit *felogen al lenticelei*. Toate celulele care se formează în urma diviziunilor inițiale ale parenchimului de sub stomate, mai mult sau mai puțin rotunde, nesuberificate, lipsite de clorofilă, precum şi cele produse centrifugal de felogenul lenticelei, alcătuiesc *țesutul de umplere* sau *complementar*. Țesutul de umplere, ajungînd în cantitate mare, rupe epiderma şi ajunge la nivelul deschiderii fostei stomate.

Felogenul lenticelei generează de obicei în dreptul viitoarei deschideri a lenticelei o cantitate mai mică de feloderm, dar mai mare decît sub țesutul suberos, fapt ce determină o uşoară ridicare a lenticelei față de nivelul epidermei. Felogenul lenticelei se extinde pe circumferință pînă cînd se racordează la felogenul ramurii, transformîndu-se într-un felogen continuu. Unele lenticele se diferențiază independent de stomate, de obicei mai tîrziu.

Adesea lenticelele se formează în dreptul razelor medulare.

La unele specii nu se formează lenticele (*Clematis* sp., *Rubus* sp., *Lonicera* sp. ş.a.). La aceste plante felogenul dă naştere, pe alocuri, la sectoare de suber spongios care ajung pînă la periferia organului. La *Vitis* sp. aceste sectoare se află în dreptul şi în prelungirea razelor floemice, astfel încît spațiile intercelulare ale suberului spongios sînt în continuarea celor ale razelor floemice. La unele plante cum ar fi, pinul, lenticelele se diferențiază numai la baza tulpinii, iar în rest, rolul acestora este preluat de spațiile intercelulare dintre porțiunile de felem.

**Tipuri de țesuturi de umplere.** Țesutul de umplere sau complementar la gimnosperme este alcătuit din celule suberificate cu spații intercelulare şi cu pereții subțiri şi alungiți radial.

La dicotiledonate, țesutul de umplere este alcătuit din celule suberificate cu spații intercelulare şi constituit dintr-o alternanță de țesut lax, cu pereții subțiri şi țesut mai mult sau mai puțin compact, cu pereții îngroşați (*Pyrus* sp., *Populus* sp., *Magnolia* sp., *Liriodendron* sp. ş.a.); din celule nesuberificate, lax dispuse,



CarteAzi.ro 2013

peste care se depune la sfîrşitul sezonului un strat mai mult sau mai puţin compact cu pereţii îngroşaţi (*Tilia* sp., *Sambucus* sp., *Fraxinus* sp., *Salix* sp., *Quercus* sp., *Evonymus* sp., *Lonicera* sp. ş.a.); din celule nesuberificate laxe, în straturi largi care alternează în mod regulat cu straturi mai înguste aproape compacte, suberificate. Aceste ultime straturi înconjoară ţesutul lax menţinîndu-l laolaltă (*Ulmus* sp., *Robinia* sp., *Alnus* sp., *Betula* sp., *Prunus* sp., *Fagus* sp. ş.a.).

Celulele ţesutului de umplere sau complementar alcătuiesc un mic masiv lenticular care apasă pe epidermă determinînd ruperea ei.

**Repartiţia lenticelelor.** De obicei lenticelele se diferenţiază pe organele vegetative felogenice cu excepţia unor plante (*Vitis* sp., *Anabasis* sp., *Haloxylon* sp. *Philadelphus* sp. ş.a.) la care nu se formează lenticele. Numărul şi dispoziţia lenticelelor variază pe unitatea de suprafaţă de la o specie la alta. Lenticelele se formează, la unele specii, sub cîte o stomată sau grup de stomate, între stomate, dacă acestea sînt rare, sau cînd sînt dense, numai sub unele dintre ele.

La rădăcinile tinere lenticelele apar de obicei perechi, cîte o lenticelă de fiecare parte a unei rădăcini secundare. La rădăcinile metamorfozate de la morcov, perechile de lenticele sînt dispuse în şiruri longitudinale sau ortostihuri. La rădăcinile mature, dispoziţia lenticelelor este neregulată.

**Durata de viaţă a lenticelelor.** Se apreciază că durata de viaţă a lenticelelor este în funcţie de durata primei periderme. La plantele la care prima periderm se păstrează mai mulţi ani, lenticelele rămîn active un număr mare de ani. În aceste cazuri lenticelele se alungesc în sens transversal. La *Quercus suber*, *Ailanthus* sp. ş.a. lenticelele nu cresc cu vîrsta plantei.

## 2.3.3. Sistemul conducător

Cormul este traversat de un dublu curent de lichide, care constituie *seva brută* şi *seva elaborată*. Seva brută este o soluţie de săruri minerale, absorbită din sol de către rădăcină, la nivelul regiunii ei pilifere şi circulă de jos în sus, deci ascendent, pînă la ţesuturile asimilatoare, prin intermediul ţesutului conducător lemnos. Seva elaborată este o soluţie de substanţe organice, îndeosebi glucide, formată în urma procesului de fotosinteză; ea circulă în general, de sus în jos, deci descendent, prin intermediul ţesutului conducător liberian. Seva elaborată circulă la toate ţesuturile plantei şi în special spre zonele lor de creştere. Surplusul de sevă elaborată se depozitează ca materii de rezervă, în organele de acumulare.

Necesitatea de a se asigura circulaţia unei cantităţi mai mari de sevă şi mai repede devine cu atît mai imperioasă, cu cît corpul plantei creşte mai mult şi cu cît el produce părţi aeriene mai numeroase.

Aşadar, pentru îndeplinirea funcţiei de transport, corpul plantei este străbătut de ţesuturi speciale, numite conducătoare. În procesul evolutiv s-a diferenţiat cîte un ţesut special de conducere pentru fiecare categorie de sevă: *ţesutul lemnos* pentru seva brută şi *ţesutul liberian* pentru seva elaborată. Diferenţierea în ţesut lemnos liberian reprezintă o adaptare la cerinţa de a fi conduse simultan prin organele plantei substanţe diferite, în sensuri diferite. La cormofite (gr. *kormos* = trunchi, tulpină; *phylon-*) aceste ţesuturi sînt alcătuite din elemente capilare prozenchimatice, numite vase sau tuburi.

Aparatul conducător (format din ţesutul lemnos şi ţesutul liberian) apare net diferenţiat numai începînd cu pteridofitele (numite din acest motiv, şi criptogame vasculare), diferenţierea accentuîndu-se la gimnosperme şi, mai cu seamă, la angiosperme.



CDeCarte 2013

Țesuturile conducătoare sînt formate din vase sau tuburi și parenchim, prin cele dintîi, circulația sevei brute și elaborate avînd o viteză mult mai mare. În structura secundară a organelor axiale, cu deosebire, țesuturile conducătoare sînt însoțite și de fibre sclerenchimatice, cu rol de susținere.

Specializarea celulelor în legătură cu funcția de conducere se manifestă, în primul rînd, prin alungirea lor, perforarea (ciurirea) sau dispariția pereților transversali (terminali), ceea ce a dus la tuburi ciuruite și formarea de vase lemnoase. Menționăm că nomenclatura diferitelor elemente sau grupe de elemente componente este încă discutată, diferiți autori utilizînd în sens diferit noțiunile de *protoxilem* (gr. *protos-*; *xylon-*;) și protofloem (gr. *protos-*; *phloios-*;) de *metaxilem* (gr. *meta-*; *xylon-*;) și *metafloem* (gr. *meta-*; *phloios-*;) de *xilem* și *hadrom* (gr. *hadros* = gros, tare), sau de floem și *leptom* (gr. *leptos* = subțire, delicat, fin). În ultima vreme se propune utilizarea nomenclaturii următoare:

— pentru țesutul lemnos: *xilem* = ansamblul elementelor lignificate, cu funcție vasculară (traheide și trahee)*; *poli de lignificare* sau poli lemnoși = punctele de plecare ale lignificării xilemului primar; *lemn* = ansamblul xilemului și al elementelor care-i sînt asociate (parenchim, fibre), toate derivînd din același țesut meristematic;

— pentru țesutul liberian: *floem* = ansamblul elementelor ciuruite, cu funcție vasculară (tuburi ciuruite); *poli floemici* = punctele de plecare ale diferențierii elementelor ciuruite primare; *liber* = ansamblul floemului și al categoriilor celulare care-i sînt asociate (celule anexe, parenchim, fibre), toate derivînd din același țesut meristematic.

**Originea țesuturilor conducătoare.** Țesuturile conducătoare își au originea în țesuturile meristematice apicale sau laterale, formate din celule prozenchimatice. Este vorba de meristemul apical primar numit *procambiu* (gr. *pro-*; lat. *cambium* = schimb), din care provin lemnul și liberul primare și de meristemul lateral, secundar numit *cambiu vascular*, din care provin lemnul și liberul secundare. După forma, structura și compoziția chimică a pereților celulari, precum și după natura substanțelor lichide pe care le transportă, deosebim două categorii de țesuturi conducătoare: lemnos și liberian.

### 2.3.3.1. Țesutul conducător lemnos (lemnul, hadromul sau xilemul)

Așa cum am văzut deja, elementele *lemnului primar* derivă din celule rezultate în urma diviziunii procambiului din apexul radicular și cel caulinar. În plus, la gimnosperme și la marea majoritate a dicotiledonatelor există și un *lemn secundar*, care provine din activitatea cambiului vascular situat întotdeauna între lemnul și liberul primar.

Unii autori disting în lemnul primar două categorii de elemente: de *protoxilem* și de *metaxilem*. Protoxilemul este constituit din primele elemente lemnoase, diferențiate înainte de terminarea alungirii organului, din celule procambiale. Elementele de protoxilem au pereții mai îngroșați și lignificați, ceea ce le permite să se alungească și să urmeze, astfel, cel puțin temporar, creșterea ulterioară a organului. Metaxilemul este constituit din elemente formate ulterior, la contact cu cele de protoxilem, cînd organul a depășit stadiul caracteristic de alungire; ele sînt de calibru mai mare, au pereții mai îngroșați și mai intens lignificați, fiind incapabile de alungire ulterioară. În accepția aceasta, lemnul primar (format din protoxilem și metaxilem) se mai numește și *hadrom* în alcătuirea lui intrînd adesea, pe lîngă vase, și celule de parenchim lemnos.

* Unii autori rezervă noțiunea de vase numai pentru trahee (formațiuni pluricelulare).

După alți autori, prin metaxilem se înțelege atît lemnul primar format după protoxilem, cît și lemnul secundar.

Elementele histologice ale xilemului sînt: vasele, celulele de parenchim lemnos și fibrele lemnoase.

**Vasele lemnoase** sînt caracterizate prin forma lor alungită, prin lipsa conținutului viu (deci sînt moarte la completa lor diferențiere), dar mai ales prin pereții lor îngroșați și lignificați. În general vorbind, vasele sînt cilindrice sau prismatice (rotunde sau poligonale în secțiune transversală), reprezentate prin șiruri de celule dispuse cap la cap și grupate, împreună cu celelalte elemente histologice ale lemnului, în fascicule conducătoare.

**Diferențierea vaselor de lemn.** Prima etapă a diferențierii elementelor conducătoare primare este aceeași și pentru vasele lemnoase și pentru cele liberiene. Un vas lemnos provine dintr-un șir de celule procambiale. Celulele rezultate din procambiu se alungesc, iar apoi citoplasma lor elaborează lignină, cu care se impregnează peretele primar. Paralel cu aceste modificări se formează și peretele secundar, vizibil sub forma de îngroșări variate, care se lignifică mai mult sau mai puțin intens. În cazul traheelor, pereții transversali se resorb, iar apoi citoplasma și nucleele lor mor și dispar. În cazul traheidelor, pereții transversali ai celulelor ce provin dintr-un șir de elemente procambiale persistă după dispariția conținutului celular. La celulele care vor da trahee pereții se lignifică și se resorb fie în totalitate sau în cea mai mare parte, fie în mai multe puncte, unde vor apare perforații. Perforarea are loc foarte timpuriu: pe perete se formează o îngroșare caracteristică de formă lenticulară, prin resorbția progresivă în urma căreia se produce perforația. Apărînd perforațiile, șirul de celule se transformă într-un vas capilar continuu, în care circulația sevei brute este determinată în mod fizic, fără intervenția directă a substanței vii, ca în cazul țesutului liberian.

Perforațiile articulelor vasculare sînt situate, de obicei, în pereții transversali (proximali, oblici), mai rar în cei laterali. Porțiunea din perete care poartă pori se numește *placă perforată*. Aceasta poate fi *simplă*, cînd prezintă o singură perforație mare, sau *multiplă*, cînd prezintă mai multe perforații, respectiv punctuații; în ultimul caz perforațiile pot fi dispuse diferit: *scalariform* (alungite și dispuse în șiruri paralele), *reticulat* (dispuse în rețea), *efedroid* (aproape circulare).

După forma și dimensiunile lor, după structură și, îndeosebi, după modul de îngroșare a pereților, vasele lemnoase sînt de două feluri: *traheide* (gr. *trachys* = aspru, tare; *eidos-*) și *trahee* (gr. *trachys-*).

**Traheidele**, numite încă și vase închise sau imperfecte, sînt elemente conducătoare unicelulare, suprapuse unele în continuarea celorlalte (formînd șiruri longitudinale), cu pereții terminali (transversali) persistenți și adesea oblici, cu capetele ascuțite sau rotunjite. Traheidele sînt caracteristice plantelor vasculare mai puțin evoluate (pteridofite și gimnosperme) și apar primele în ontogeneza angiospermelor, alcătuind protoxilemul*. Lungimea traheidelor variază de la cîțiva microni pînă la 2—3 cm, iar lățimea de la 1 la 10 μ. Datorită persistenței pereților în lungul șirurilor de traheide, circulația sevei brute se face mai greu, de aceea apar acolo și la acele plante la care mișcarea sevei este mai înceată. Circulația sevei brute se face prin punctuațiuni și prin difuziune. Datorită pereților îngroșați și lignificați, traheidele îndeplinesc și funcția de susținere (îndeosebi la angiosperme).

După felul îngroșărilor pereților, traheidele pot fi: inelate, spiralate, inelospiralate, scalariforme și punctate (cu punctuații areolate).

* Unele familii mai primitive dintre angiosperme *(Magnoliaceae)* plantele parazite și cele acvatice prezintă, de regulă, numai traheide; terminațiile nervurilor de la frunze sînt alcătuite tot numai din traheide.



BCU Cluj / Central University Library Cluj

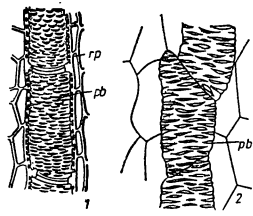



Fig. 52. Vase lemnoase în secțiune longitudinală:
*1* — trahee (articul vascular); *2* — traheidă în rădăcina de *Beta vulgaris*: *pb* — punctuațiuni în formă de butonieră; *rp* — resturi ale pereților transversali (d. I. Grințescu).

Traheidele *inelate* și *spiralate*, din lemnul primar, sînt primele vase care se diferențiază în plantă, la un nivel unde alungirea celulelor nu s-a terminat. Ele au doar pereții laterali îngroșați și lignificați, sub formă de inele sau spire, fiind foarte permeabile și comunică ușor nu numai între ele, ci și cu celulele vecine; vasele spiralate, dar mai ales cele inelate sînt capabile de alungire (în care caz îngroșările se distanțează), ținînd pas cu creșterea organului în care se află.

Traheidele *scalariforme* constituie lemnul pteridofitelor*. Ele au extremitățile oblice și contur poligonal în secțiune transversală. Ornamentațiile fețelor laterale sînt caracteristice, dispoziția lor amintind exact o scară, de unde și numele dat acestor vase. Îngroșările lignificate sînt dispuse transversal și paralel, despărțite prin porțiuni de perete neîngroșat; o bandă îngroșată și lignificată, continuă, se depune și în lungul muchiilor, reprezentînd barele verticale ale scării. De la o bandă verticală la alta se întind îngroșările orizontale, ce limitează suprafețe celulozice. Vase scalariforme apar uneori și la spermatofite, dar întotdeauna în amestec cu vase de tipuri mai evoluate (fig. 52).

Traheidele cu *punctuații areolate* constituie mai cu seamă lemnul gimnospermelor. Extremitățile lor sînt încă oblice, pereții sînt îngroșați și lignificați pe cea mai mare parte a suprafeței lor și prezintă, din loc în loc, punctuațiuni de tip areolat, la nivelul cărora are loc circulația sevei brute. Localizarea punctuațiunilor este variabilă: la coniferele actuale, cu lemn timpuriu și lemn tîrziu, traheidele formate primăvara au pereții mai puțin îngroșați și punctuațiunile se află în pereții radiari; dimpotrivă, traheidele formate către sfîrșitul verii sau începutul toamnei au pereții foarte îngroșați și punctuațiunile sînt localizate în pereții tangențiali. Datorită faptului că lemnul gimnospermelor este format numai din traheide cu punctuațiuni areolate, organele lor axiale se numesc *homoxile* (gr. *homos*, *homeios* = asemănător, la fel; *xylon*-); și la unele angiosperme putem întîlni traheide asemănătoare, dar în amestec cu alte tipuri de elemente conducătoare, în care caz organele lor axiale se numesc *heteroxile* (gr. *heteros* = diferit, variat, inegal; *xylon*-) (fig. 53).

Traheidele sînt cele mai răspîndite vase conducătoare, fiind primele vase formate în cursul procesului ontogenetic, menținîndu-se singurele în lemnul secundar de la cele mai multe gimnosperme și de la unele dicotiledonate.

*Traheele*, numite încă și vase deschise, perfecte sau articulate vasculare, sînt tuburi continue, rezultate din suprapunerea de celule prozenchimatice (cilindrice sau, mai rar, prismatice) mai largi decît traheidele și între care pereții transversali au dispărut complet sau în cea mai mare parte.

* La *Pteridium aquilinum* vasele scalariforme devin trahee prin dezorganizarea pereților transversali.



©BacAdmin 2013

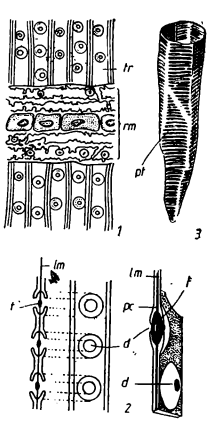



Fig. 53. Traheide cu punctuaţiuni areolate în lemnul de *Pinus sylvestris*:
*1* — secţiune longitudinală (radială); *2* — detaliu structural al punctuaţiunilor areolate; *3* — vîrful unei traheide scalariforme la *Pteridium* sp.: *d* — deschiderea punctuaţiunilor; *lm* — lamelă mijlocie; *pc* — perete celular; *pt* — punctuaţiuni transversale; *rm* — rază medulară; *t* — torus; *tr* — traheidă (d. I. Grinţescu).

Părţile componente ale unei trahei se numesc *articule* sau elemente de vas. Lungimea traheelor variază în general de la cîţiva centimetri pînă la 1,5 m (cele mai lungi vase perfecte întîlnindu-se la liane, unde pot atinge 3—5 m şi chiar mai mult), iar lăţimea de la 10—70 $\mu$ (valori mai mari avînd tot traheele de la liane). După modul de îngroşare al pereţilor traheele pot fi: *inelate*, *spiralate*, *reticulate* şi *punctate* (cu punctuaţii simple).

Traheele *reticulate* au îngroşările pereţilor sub forma unei reţele mai mult sau mai puţin dense, care nu mai permite vasului să se alungească, de aceea ele apar mai tîrziu în organe, după terminarea creşterii lor în lungime.

Traheele *punctate* (cu punctuaţii simple) prezintă pereţii îngroşaţi şi lignificaţi pe cea mai mare suprafaţă a lor, rămînînd din loc în loc punctuaţii simple circulare sau eliptice (fig. 54).

Traheele se întîlnesc la plantele vasculare mai evoluate: *Angiospermae* şi *Gnetales* (dintre gimnosperme). În secţiune transversală ele pot apare cu contur angular sau rotunjit şi pereţii laterali pot fi subţiri sau groşi. Se impune să subliniem că între tipurile de vase prezentate mai sus există şi forme de tranziţie.

Datorită îngroşărilor pereţilor, vasele de lemn (atît trahee, cît şi traheide) se pot menţine deschise, permiţînd circulaţia sevei brute, rezistînd la presiunea laterală exercitată de către celulele vii, turgescente ale parenchimurilor vecine.

Cînd traheele nu mai sînt funcţionale (conţinînd numai aer şi îndeplinind numai rol de susţinere), cavitatea lor este adesea închisă de formaţiuni numite *tile* (gr. *tilakos* = sac, tub, vezicuă), vizibile şi frecvente mai ales în lemnul secundar, bătrîn al plantelor lemnoase numit *duramen* (lat. *duramen* = inima lemnului, de culoare închisă). Lemnul periferic, cu rol funcţional, este în cantitate mult mai mică şi se numeşte *alburn* (lat. *alburnum* = lemn periferic, de culoare deschisă).

O *tilă* este o expansiune veziculoasă produsă de o celulă vie, de parenchim (sub presiunea conţinutului ei viu), ce traversează punctuaţiunea unui vas şi se dilată în cavitatea acestuia. Peretele tilei poate rămîne subţire sau se îngroaşă,

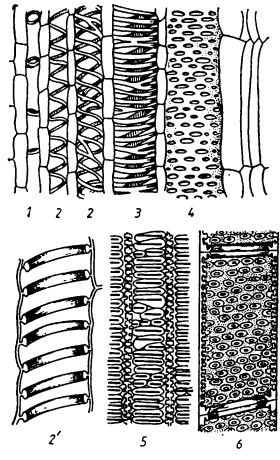



Fig. 54. Diferite tipuri de trahee în secțiune longitudinală:
*1* — trahee inelată; *2* — spiralate cu detaliu (*2'*); *3* — forme de trecere între traheele spiralate și cele reticulate; *4* — trahee cu punctuațiuni simple; *5* — trahee scalariformă; *6* — trahee cu punctuațiuni areolate (d. I. Grințescu).

în ultimul caz fiind posibilă și lignificarea. La plantele lemnoase cu vase de calibru mic (*Acer*, *Betula*) tilele lipsesc. Lemnul secundar cu tile multe este mai valoros decît cel cu tile puține; tilele împiedică pătrunderea în vas a apei, a aerului și a hifelor unor ciuperci parazite, determinînd o mai bună conservare a lemnului, o creștere a valorii sale tehnice, putînd fi utilizat în mai bună măsură la confecționarea traverselor de cale ferată, pentru poduri, doage de butoaie etc. (fig. 55).

*Celulele de parenchim lemnos* sînt vii, puțin alungite, cu pereți subțiri, celulozici (mai ales la rădăcină) sau îngroșați și lignificați, prevăzuți cu punctuațiuni simple. Unele celule de parenchim pot însoți vasele de lemn primar, însă cel mai adesea sînt prezente în lemnul secundar al gimnospermelor și dicotiledonatelor. În mod obișnuit, parenchimul lemnos de la conifere apare la limita externă a lemnului tîrziu, dispoziție care ar facilita reluarea activității cambiale în primăvara următoare. La dicotiledonate parenchimul lemnos este localizat în mod variabil. Acest

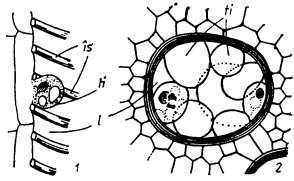



Fig. 55. Tile:
*1* — secțiune transversală printr-o tilă a unui vas spiralat din tulpina de *Musa ensete*; *2* — secțiune transversală prin pețiolul de *Cucurbita pepo*: *is* — îngroșări spiralate; *l* — lumenul vasului spiralat; *tl* — tile (d. I. Grințescu).



CarteAzi.ro 2013

parenchim lemnos este, adesea, numit *parenchim vertical*, deoarece pe o secțiune longitudinală se vede că este alcătuit din celule asociate în șiruri verticale, fiecare șir având forma generală a unei traheide.

**Razele medulare** intralemnoase sînt proprii lemnului secundar și în secțiune transversală se prezintă ca șiruri uni-, bi- sau pluriseriate de celule parenchimatice, alungite în sens radiar. Aceste șiruri merg de la cambiu spre măduvă, avînd de regulă o profunzime mare. Ele derivă din funcționarea particulară a anumitor celule cambiale și corespund șirurilor asemănătoare situate în liber. Pe secțiuni longitudinale, razele medulare apar ca benzi de lungime variabilă, constituite din celule alungite în sens orizontal, alcătuind *parenchimul orizontal*, în opoziție cu parenchimul lemnos, propriu-zis, numit *vertical*.

În celulele parenchimului lemnos se depozitează amidon și alte substanțe de rezervă. Totodată, acest parenchim are și rol în circulația substanțelor, iar prin pereții îngroșați și lignificați ai celulelor îndeplinește, alături de celulele mecanice și vasele lemnoase, și funcția de susținere a organelor în care se află. În sfîrșit, așa cum am văzut celulele de parenchim lemnos participă la formarea tilelor, elemente proprii duramenului de la unele plante lemnoase. După origine, parenchimul lemnos poate fi primar sau secundar.

**Fibrele lemnoase** reprezintă elemente prozenchimatice ascuțite la ambele capete, pereții lor puternic îngroșați și lignificați prezentînd punctuațiuni oblice. Deosebim următoarele tipuri de fibre lemnoase: *fibre traheidale* (cu punctuațiuni tipice, areolate), întîlnite mai frecvent la *Hamamelididae*, *Gnetatae*, *Magnoliaceae*; *fibre lemnoase propriu-zise* sau libriforme, foarte alungite (cu punctuațiuni încrucișate), mai frecvente la dicotiledonate; *fibre septate* (cu lumenul împărțit de timpuriu prin pereți transversali nelignificați), mai frecvent la plantele ierboase și

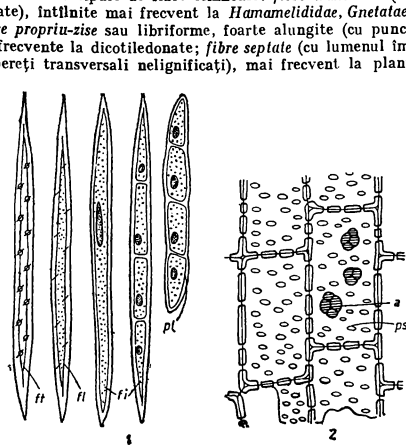



Fig. 56. Elemente ale țesutului conducător lemnos:
*1* — fibre lemnoase; *2* — parenchim lemnos: *a* — amidon; *ft* — fibre intermediare între cele lemnoase propriu-zise și parenchimul lemnos (*pl*); *fl* — fibră lemnoasă cu punctuațiuni în formă de butonieră; *ft* — fibră traheidală; *ps* — punctuațiuni simple (d. I. Grințescu).

*pseudofibre* adică celule care rămîn vii, constituind o formă de trecere spre parenchimul lemnos. Dintre toate aceste categorii de fibre, cele lemnoase propriu-zise au cea mai mare răspîndire, alcătuind libriformul din lemnul secundar al dicotiledonatelor; ele sînt fibre de sclerenchim (fig. 56).

### 2.3.3.2. Ţesutul conducător liberian (liberul, leptomul sau floemul)

Elementele *liberului primar* derivă, ca şi cele ale lemnului primar, tot din celule procambiale. La gimnosperme şi la marea majoritate a dicotiledonatelor se formează şi un *liber secundar*, care provine din activitatea cambiului vascular (cambiu libero-lemnos).

Ca şi în cazul lemnului, în liberul primar se disting două categorii de elemente formate succesiv: de *protofloem* şi de *metafloem*, împreună formînd *leptomul*, în alcătuirea căruia intră, uneori şi celulele de parenchim liberian.

Elementele histologice ale floemului sînt: tuburile (vasele) ciuruite, celulele anexe (prezente numai la angiosperme), celulele de parenchim liberian şi fibrele liberiene.

**Tuburile ciuruite** (vasele liberiene, articule de vase ciuruite) sînt formate din vase alungite (prismatice), aşezate cap la cap, mai adesea de formă poligonală în secţiune transversală. Celulele ce compun tubul ciuruit sînt vii, lipsite de nucleu la maturitate, cu o vacuolă mare şi citoplasmă parietală, cu pereţi celulozici, mai adesea subţiri (fig. 57).

**Diferenţierea elementelor liberiene**. Tuburile ciuruite şi celulele anexe din liberul primar rezultă din diferenţierea unui şir de celule procambiale. Urmărind evoluţia unei celule procambiale în celula ciuruită, observăm că ea suferă o diviziune longitudinală, dînd două celule situate la acelaşi nivel: una din ele va forma *celula ciuruită*, alta va forma celula sau *celulele anexe*. Celula care se diferenţiază în celulă ciuruită se alungeşte, vacuolele cresc şi fuzionează într-una mare, centrală, pereţii laterali se îngroaşă treptat. Cînd celula ciuruită a atins talia definitivă, nucleul degenerează şi apoi dispare, iar în pereţii transversali apar pori sau perforaţii; se

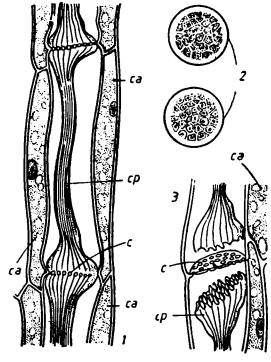



Fig. 57. Structura vaselor liberiene:
*1* — vas liberian *(Cucurbita pepo)* în secţiune longitudinală; *2* — cîmpuri ciuruite; *3* — vas liberian plasmolizat: *c* — cîmpuri ciuruite; *ca* — celule anexe; *cp* — conţinutul vasului plasmolizat (d. I. Grinţescu).



OCR Archive 2013

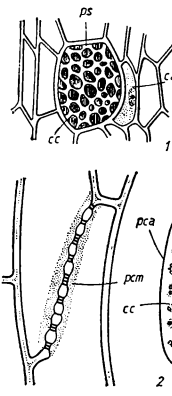



Fig. 58. Plăci ciuruite:
*1* — simplă la *Vitis vinifera; 2* — multiplă la *Cucurbita pepo: ca* — celule anexe; *ce* — cimp ciuruit; *pcm* — placă ciuruită multiplă în secțiune longitudinală; *pca* — aceeași văzută din față; *ps* — placă ciuruită simplă (d. I. Grințescu)

formează astfel „ciururile", ce alcătuiesc împreună cu resturile din perete *placa ciuruită*, celuloza de la nivelul porilor fiind „digerată" de către citoplasmă.

În stare tînără, celulele ciuruite au pereții terminali celulozici și subțiri, lipsiți de perforații, citoplasmă densă, cu diferite organite: mitocondrii de tip „crista", leucoplaste, ribozomi, dictiozomi, reticul endoplasmatic și un nucleu elipsoidal, de tip eucromocentric. Curînd după începerea diferențierii are loc vacuolizarea citoplasmei și retragerea ei în poziție parietală, fragmentarea și dispariția treptată a nucleului și a altor constituienți celulari, îngroșarea pereților laterali, definitivarea structurii plăcii ciuruite (simple sau multiple) (fig. 58).

Organizarea pereților terminali este mai tardivă decît a celor laterali, dar începe înainte de completa diferențiere a celor din urmă. În cazul unei plăci ciuruite simple, în membrana proteică a fragmoplastului, fibrele de celuloză care o încrustează se dispun sub forma unor rețele. „Ochii" acestei rețele reprezintă viitorii pori ai ciurului. Curînd se constituie peretele format din lamela mediană, încadrată pe ambele fețe de pereți primari. În acest perete se observă uncle porțiuni mai îngroșate și altele mai subțiri (punctuațiuni simple), care conțin plasmodesme. Acesta este rezultatul etapei inițiale a diferențierii plăcilor ciuruite, proces care începe cu formarea de vezicule plasmatice, ce se dispun perechi, cîte una de o parte și de alta a peretelui, încadrînd pozițiile spațiilor în care se vor forma porii ciurului și în contact cu care se elaborează plăci sau discuri de caloză. Porțiunile de perete dintre discuri nu mai cresc, în jurul lor avînd loc procese de elaborare membranară, care duc la îngroșarea peretelui sub forma de „bare" între viitorii pori ai plăcii ciuruite.

La tubul ciuruit definitiv, punctuațiunile devin porii ciurului, tapisați cu un manșon subțire de caloză. Citoplasma reziduală elaborează pe ambele fețe ale ciurului pături de caloză în continuitate cu manșoanele din jurul porilor. Așadar, la nivelul porilor unui ciur citoplasmele de la două articule se află în contiguitate, structura fiind aceea a unei plasmodesme deosebit de voluminoase.



CarteAdmin 2013

Dimensiunile tuburilor ciuruite sînt întotdeauna mai mici decît acelea ale vaselor lemnoase: lungimea lor (de la cîteva zeci la 300 μm) depășește rareori 1 mm, diametrul fiind de ordinul micronilor (rareori de 20—30 μm). Cele mai lungi și mai largi tuburi ciuruite se întîlnesc la liane.

În mod obișnuit, între tuburile ciuruite nu există spații aerifere (excepție fac *Vitis vinifera, Sambucus nigra* ș.a.).

La pteridofite și gimnosperme tuburile ciuruite sînt celule lungi, cu pereții terminali foarte înclinați, fără diferențieri particulare, cel mai adesea dispersate și nu dispuse în șiruri longitudinale, avînd în toți pereții ciururi sau cîmpuri ciuruite.

În cursul procesului de evoluție dispar treptat ciururile din pereții laterali, ele menținîndu-se doar în pereții terminali.

Așadar, tuburile ciuruite își datoresc numele faptului că pereții terminali ai celulelor componente au, văzuți din față, aspect de ciur sau *placă ciuruită*, în care alternează porțiuni din perete cu pori sau grupe de pori, care perforează complet peretele celulozic și lamela mediană (ceea ce nu se întîmplă în cazul punctuațiunilor obișnuite).

Atunci cînd porii sînt distribuiți uniform pe aproape toată întinderea peretelui terminal (transversal), acesta constituie în întregime un ciur sau *placă ciuruită simplă*. Tuburile ciuruite cu astfel de plăci se numesc de tip *Cucurbita* și sînt răspîndite la multe dicotiledonate. Pereții terminali ai articulațiilor ce intră în alcătuirea unui tub ciuruit sînt mai mult sau mai puțin orizontali-transversali, deci perpendiculari pe cei laterali (lipsiți de ciururi).

Cînd porii se grupează, pe aceiași perete, în mai multe (2—10) ciururi sau plăci ciuruite simple, pereții terminali (de regulă oblici) se numesc ciururi, cîmpuri ciuruite sau *plăci ciuruite multiple* (compuse). Tuburile ciuruite cu astfel de plăci se numesc de tip *Vitis* și sînt răspîndite îndeosebi la dicotiledonatele lemnoase (*Fagus* sp., *Quercus* sp., *Salix* sp., *Vitis* sp., ș.a.), mai rar la cele ierboase. În aceste cazuri alternează porțiuni de perete neperforat cu plăci ciuruite simple.

Spre deosebire de vasele lemnoase, tuburile ciuruite nu asigură conducerea sevei decît pentru o perioadă scurtă. Cînd ele încetează să mai funcționeze, plăcile ciuruite se acoperă cu caloză toamna.

La plantele ierboase anuale și la multe dicotiledonate perene, formarea de caloză este definitivă și tubul ciuruit nu-și mai reia niciodată activitatea, în ultimul caz formîndu-se noi tuburi ciuruite pe seama activității cambiului vascular.

Cercetările mai noi, efectuate la microscopul electronic, au arătat că la multe plante lemnoase (*Vitis vinifera*) și la monocotiledonate tuburile ciuruite își reiau primăvara următoare activitatea (prin resorbirea calozei), putînd deci funcționa mai mult de un an.

**Celulele anexe** sînt proprii angiospermelor și iau naștere din aceeași celulă procambială sau cambială din care a rezultat celula ciuruită. O aceeași celulă meristematică poate da una sau cîteva celule anexe. (de contur triunghiular sau dreptunghiular în secțiune transversală), care sînt lipite de tuburile ciuruite și comunică cu acestea prin punctuațiunile simple din pereții laterali.

În general mai scurte și mai înguste decît tuburile ciuruite (uneori chiar de 2—3 ori), celulele anexe sînt tot elemente vii, cu citoplasmă densă, nucleu voluminos, cîteva vacuole și cu pereți lipsiți de ciururi. Rolul celulelor anexe este cel de vitalizant al tuburilor ciuruite și nu de rezervă potențială de elemente conducătoare cum se credea.



BCU Cluj / Central University Library Cluj

Comparabile cu celulele anexe de la angiosperme, celulele albuminoase de la multe conifere (în special *Abietaceae*) sînt dispuse în serii pe flancurile razelor medulare liberiene. Ele conţin ciurури şi sînt în relaţie numai cu tuburile ciuruite.

Prin lumenul lor mai strîmt, prin conţinutul citoplasmatic bogat şi, în general, prin lipsa amidonului, celulele anexe diferă de cele ale parenchimului liberian.

**Celulele de parenchim liberian**, sînt de asemenea, vii, puţin alungite, cu pereţi celulozici, neciuruiţi, uneori bogate în amidon. Cînd liberul primar este comprimat datorită dezvoltării celui secundar celulele parenchimului liberian se recunosc încă, în timp ce tuburile ciuruite sînt strivite şi greu de recunoscut. Parenchimul liberian lipseşte, de regulă la monocotiledonate şi este uneori însoţit de sclereide (*Quercus* sp.).

Razele medulare liberiene se află în continuarea celor din lemn, avînd aceeaşi origine cambială ca şi acestea. Ele constituie, ca şi parenchimul liberian, un ţesut de rezervă, adesea amilifer.

**Fibrele liberiene**, prezente adesea doar în liberul secundar şi, rezultate din activitatea cambiului, sînt elemente de sclerenchim cu punctuaţiuni simple, avînd rol de susţinere, constituind aşa-numitul liber tare din organele axiale ale unor plante (la *Tilia* sp., fibrele liberiene alternează cu liberul moale, reprezentat prin tuburi ciuruite, celule anexe şi parenchim liberian). Unii autori consideră că fibrele liberiene sînt prezente şi în liberul primar de la unele plante, avînd pereţii celulozici (*Linum* sp.) sau lignificaţi (*Cannabis sativa*).

Pe lîngă categoriile de elemente amintite mai sus, menţionăm că şi *celulele tecilor conducătoare* din jurul nervurilor au rol conducător local, servind pentru circulaţia substanţelor sintetizate în ţesutul asimilator spre liberul fasciculelor conducătoare.

Unii autori fac distincţie între *leptom* şi *floem*; cel dintîi ar cuprinde numai tuburi ciuruite, celule anexe (cînd acestea există) şi parenchim liberian, iar cel din urmă ar conţine, în plus şi fibre liberiene.

Atît în liberul cît şi în lemnul unor spermatofite se mai pot întîlni şi elemente accesorii, cum sînt: celulele secretoare interne (*Lauraceae*), canalele secretoare (*Coniferae, Umbelliferae*), celulele mucilagigene (*Malvaceae*), celulele cu nisip de oxalat de calciu (*Solanaceae*) şi, mai ales, laticiferele (*Compositae, Moraceae, Euphorbiaceae, Papaveraceae* ş.a.).

Ca origine, elementele ţesuturilor conducătoare pot fi: *primare*, cînd iau naştere din procambiu şi *secundare*, cînd iau naştere în cambiul vascular. În organele cu structură primară elementele conducătoare se asociază în fascicule foarte bine individualizate separate de raze medulare primare. În organele cu structură secundară elementele conducătoare formează, cel mai adesea, zone circulare, concentrice în secţiune transversală, străbătute de raze medulare secundare.

### 2.3.3.3. Evoluţia filogenetică a vaselor conducătoare

Apariţia vaselor conducătoare în seria vegetală reprezintă un salt calitativ, ele întîlnindu-se numai la grupele mai evoluate numite vasculare (ferigi şi spermatofite), bine adaptate la mediul terestru.

Specializarea celulelor în legătură cu funcţia de conducere se manifestă în primul rînd prin alungirea lor, perforarea sau dispariţia pereţilor terminali ai elementelor ce intră în alcătuirea vaselor lemnoase şi liberiene, ceea ce a condus în cele din urmă la formarea de tuburi lungi, prin care circulă seva brută şi seva elaborată.

Un prim început de diferenţiere a unui liber primitiv se întîlneşte la anumite alge brune şi roşii, precum şi la unele briofite; la acestea din urmă se crede că ar exista şi celule aparţinînd unui lemn primitiv, fără ca ele să fie omoloage şi de structura celor de la cormofite.



CC-BY-SA-NC 2019

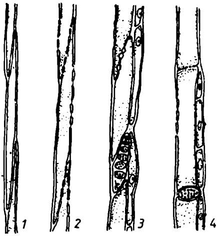


Fig. 59. Filogenia elementelor ciuruite:
1 — celulă prozenchimatică fără o structură deosebită a peretelui (*Rhyniaceae*); 2 — formarea cîmpurilor ciuruite primitive (*Lycopodiaceae*); 3 — tuburi ciuruite cu cîmpuri ciuruite (*Solanaceae*); 4 — tuburi ciuruite cu plăci ciuruite (*Cucurbitaceae*) (d. E. Strasburger).

Cele dintîi vase conducătoare adevărate, care au apărut în cursul evoluţiei, se pare că sînt *vasele liberiene*. Apariţia lor înaintea celor lemnoase, încă de la algele brune (*Macrocystis* sp.) pare firească, deoarece seva brută pătrunde prin difuziune aproape prin toate ţesuturile, pe cînd seva elaborată nu poate străbate cu aceeaşi viteză prin ţesuturile plantei, necesitînd vase conducătoare speciale (liberiene).

Această situaţie se poate observa şi la unele briofite (*Mnium* sp., *Bryum* sp.), unde apare un ţesut primitiv de natură liberiană, fără ca el să fie însoţit de unul de natură lemnoasă. La unele alge superioare se întîlnesc chiar tuburi ciuruite mai mult sau mai puţin asemănătoare celor de la plantele superioare.

Evoluţia filogenetică a tuburilor ciuruite se traduce prin dispariţia progresivă a ciururilor din pereţii laterali ai celulelor componente. La dicotiledonatele arborescente se mai observă încă ciururi în pereţii laterali, pe cînd la cele ierboase (mai evoluate) ele se menţin numai în pereţii terminali.

Totodată, în procesul de evoluţie se constată scurtarea articulelor tuburilor ciuruite, mărirea diametrului lor, micşorarea ciururilor. La speciile mai puţin evoluate pereţii terminali ai celulelor ciuruite sînt foarte oblici, în timp ce la speciile mai evoluate ei devin orizontali. La angiosperme, celulele ciuruite tind să devină cilindrice şi să se suprapună unele peste altele, formînd astfel tuburi continue, ai căror pereţi transversali tind să devină orizontali şi ciuruiţi.

Că în procesul evoluţiei filogenetice au apărut mai întîi vasele liberiene, ne-o dovedeşte şi diferenţierea lor înaintea celor lemnoase în cursul procesului de ontogeneză (fig. 59).

Referindu-ne la *vasele lemnoase*, cele mai primitive sînt traheidele, prin care circulaţia sevei se face mai încet decît prin trahee, primele apărînd la plantele la care viteza de circulaţie a sevei brute nu necesită o viteză mare.

Deşi se întîlnesc aproape la toate traheofitele, traheidele sînt proprii în special pteridofitelor, gimnospermelor, familiilor mai primitive dintre angiosperme, precum şi plantelor acvatice sau parazite.

Dintre traheide, cele mai primitive sînt considerate a fi cele inelate, care apar şi la formele primitive de pteridofite (*Rhynia* sp.). La ferigile actuale întîlnim mai ales traheide scalariforme, tip de vase de la care s-a trecut la cele cu punctuaţiuni areolate.

La gimnosperme întîlnim îndeosebi traheide cu punctuaţii areolate. Dacă se întîlnesc şi trahee (*Gnetatae*), acestea sînt de un tip special. Evoluţia traheidelor a mers în direcţia scurtării lor şi a reducerii numărului de punctuaţiuni.

La angiosperme traheidele sînt foarte variate, dar tipul de îngroşare scalariformă a pereţilor se întîlneşte foarte rar (în lemnul primar al unor monocotiledonate).

Traheele, lipsite de pereți despărțitori între celulele componente, reprezintă forma cea mai adaptată la circulația sevei brute cu o viteză mai mare și pe distanțe mai mari, devenind elementele fundamentale și cele mai des întîlnite în lemnul angiospermelor.

### 2.3.3.4. Tipuri de fascicule conducătoare

În organele plantelor vasele conducătoare nu sînt dispersate la întîmplare, ci grupate în mănunchiuri sau fascicule distincte (fig. 60).

În *rădăcină* fasciculele conducătoare sînt *simple*, liberiene și lemnoase, avînd dispoziție radiară și alternînd unele cu altele, sprijinindu-se pe periciclu și fiind separate între ele de raze medulare. În unele cazuri atît măduva, cît și razele medulare lipsesc încît fasciculele se unesc lateral între ele, iar cele de lemn și la centru, adesea printr-un vas mare de metaxilem, cum este cazul la unele dicotiledonate.

În *tulpină* și *frunze* (inclusiv cele modificate în piese florale) fasciculele sînt *mixte*, libero-lemnoase. După poziția liberului față de lemn, fasciculele libero-lemnoase sînt de 3 categorii: *colaterale* (în tulpină și frunze), *bicolaterale* și *concentrice* (mai adesea în tulpină).

**Fasciculele colaterale** sînt cele mai răspîndite la spermatofite. Ele prezintă lemnul de o parte și liberul de cealaltă parte; în tulpină, liberul se află spre exterior și lemnul spre interior. În frunză, liberul se află orientat spre epiderma inferioară, iar lemnul spre cea superioară.

La rîndul lor, fasciculele colaterale sînt de două categorii: *închise* și *deschise*.

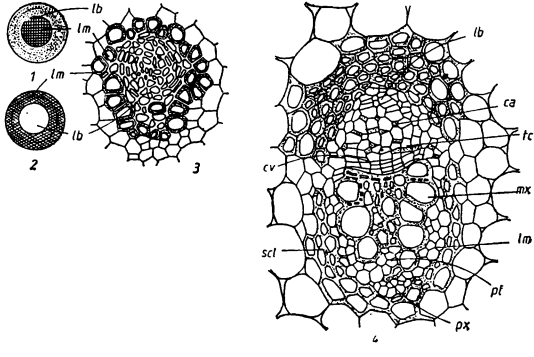



Fig. 60. Tipuri de fascicule conducătoare libero-lemnoase în secțiune transversală:
*1* — hadrocentric (*Polypodium* sp.); *2, 3* — leptocentric (*Convallaria majalis*); *4* — colateral deschis (*Ranunculus* sp.): *ca* — celulă anexă; *cv* — cambiu vascular; *lb* — liber; *lm* — lemn; *mx* — metaxilem; *pl* — parenchim lemnos; *px* — protoxilem; *scl* — sclerenchim; *tc* — tuburi ciuruite (d. M. Andrei).

La fasciculele colateral-închise, între liber și lemn nu se mai află cambiu fascicular (rest procambial); acesta s-a diferențiat complet în liber și lemn primar. Astfel de fascicule sînt caracteristice monocotiledonatelor.

La fasciculele *colateral-deschise*, între liber și lemn persistă cambiul fascicular, care ulterior se va transforma în țesut meristematic secundar, ce va produce liber și lemn secundar. Astfel de fascicule sînt caracteristice gimnospermelor și dicotiledonatelor.

**Fasciculele bicolaterale** constituie, de fapt, o variantă a celor colaterale. Lemnul lor este încadrat de două zone de liber (extern și intern). La rîndul lor, fasciculele bicolaterale pot fi *închise* și *deschise*, în ultimul caz (*Cucurbita*) țesutul meristematic aflîndu-se între lemn și liberul extern (fig. 61).

**Fasciculele concentrice** se caracterizează prin faptul că cele două țesuturi conducătoare formează două zone concentrice. Se cunosc două tipuri de fascicule concentrice: *hadrocentrice* și *leptocentrice*.

**Fasciculele hadrocentrice** (gr. *hadros* = gros; *kentron*-) sînt caracteristice unor pteridofite fosile actuale; hadromul (lemnul este înconjurat de leptom liber).

**Fasciculele leptocentrice** (gr. *leptos*-; *kentron*-) sînt caracteristice rizomului de la multe monocotiledonate; leptomul este înconjurat de hadrom.

*Sensul dezvoltării* liberului și lemnului diferă în rădăcină și tulpină. În rădăcină dezvoltarea liberului și lemnului este centripetă, protofloemul și protoxilemul aflîndu-se către exterior, iar metafloemul și metaxilemul către interior. În tulpină și frunze dezvoltarea liberului este tot centripetă, dar a lemnului este centrifugă, ultimele vase formate (de metaxilem) aflîndu-se spre exterior, în vecinătatea liberului.

În rădăcină și tulpină, fasciculele conducătoare sînt dispuse în partea lor centrală, alcătuind (împreună cu razele medulare și măduva) cilindrul central sau *stelul* (gr. *stele* = coloană).

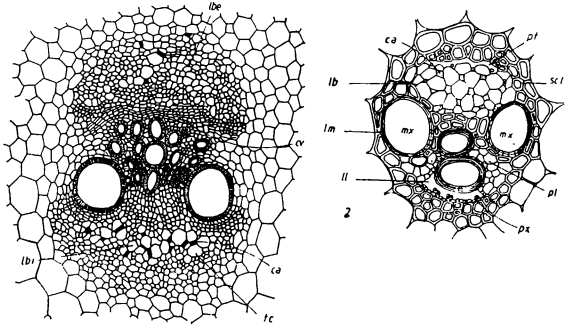



Fig. 61. Fascicule conducătoare libero-lemnoase în secțiune transversală:

*1* — bicolateral (*Cucurbita pepo*); *2* — colateral închis (*Zea mays*): *ca* — celulă anexă; *cv* — cambiu vascular; *lb* — liber; *lm* — lemn; *lbe* — liber extern; *lbi* — liber intern; *ll* — lacună lizigenă protoxilematică; *mx* — metaxilem; *pf* — protofloem; *pl* — parenchim lemnos; *px* — protoxilem; *scl* — sclerenchim; *tc* — tuburi ciuruite (d. M. Andrei).



BibliotecaAlbis 2013

În tulpina gimnospermelor şi dicotiledonatelor fasciculele sînt dispuse pe un singur cerc. În tulpina monocotiledonatelor fasciculele sînt dispuse, de regulă, pe două cercuri concentrice; rare sînt cazurile cînd se dispun pe un singur cerc sau sînt dispersate fără nici o ordine în parenchimul fundamental (*Zea mays*).

Evoluţia stelului (în sens restrîns, a aparatului conducător) este o dovadă anatomică a direcţiilor filogenezei cormofitelor. Cel mai primitiv stel, hadrocentric, numit *protostel*, a apărut la primele plante terestre (*Psilophytales*).

Procesele concomitente de ramificare a tulpinii şi de apariţie a frunzelor au condus la necesitatea creşterii posibilităţilor de hrănire a plantei, a depozitării de aer, apă şi substanţe de rezervă organice, au impus accelerarea şi specializarea mai eficientă a circulaţiei sevei brute şi elaborate, implicit perfecţionarea continuă a stelului.

Principalele procese filomorfogenetice şi tipuri de stel pe care le-au generat sînt următoarele, toate provenite din *protostel* (gr. *protos* = primul; *stele-*).

— ramificarea şi divizarea concomitentă a lemnului şi liberului a condus la formarea *dictiostelului* (gr. *diktion* = reţea; *stele-*) de la psilofitele ramificate şi de la cele mai multe ferigi actuale.

— sculpturarea sau lobarea lemnului a determinat formarea *actinostelului* (gr. *aktinos* = stea; *stele-*) de la *Asteroxylon*, *Selaginella*, iar dezintegrarea sau separarea lobilor xilemici a condus la formarea *plectostelului* (gr. *plektos* = împletit, adunat; *stele-*) de la *Lycopodium* sp.

— medulaţia a condus la formarea *sifonostelului ectofloic* şi *amfifloic*, iar împreună cu vitalizarea lemnului a determinat formarea *eustelului* (gr. *eu-*; *stele-*); de la gimnosperme şi angiosperme, *atactostelului* (gr. *ataktos* = neorînduit; *stele-*), de la multe monocotiledonate, *artrostelului* (gr. *artron* = articulat; *stele-*), lacunar, de la *Equisetum* sp. şi *dictiostelului*, caracteristic celor mai multe dintre ferigile superioare.

### 2.3.3.5. Rolul ţesuturilor conducătoare în viaţa plantei

După cum am arătat, vasele liberiene conduc seva elaborată (de la ţesuturile asimilatoare, îndeosebi din frunze) spre vîrfurile de creştere ale tulpinii (inclusiv ale ramurilor) şi rădăcinii, în timp ce parenchimul liberian serveşte mai ales ca ţesut de depozitare a materiilor de rezervă. Cît priveşte celulele anexe, rolul lor este cel de coordonator al activităţii metabolice din tuburile ciuruite anucleate. După unii autori celulele anexe ar avea rol în secreţia de hormoni, care să determine formarea de meristeme secundare locale, capabile de a forma suber de cicatrizare în caz de leziuni.

Durata vieţii unui vas liberian este în general scurtă (nedepăşind de obicei un an); la conifere durează doi ani, iar la monocotiledonatele arborescente, mai mulţi ani. În general, din cauza presiunilor exercitate de ţesuturile noi, elementele liberiene vechi lipsite de turgescenţă, sînt strivite, astfel încît cu greu se mai pot distinge elementele lor componente.

Vasele de lemn, cu durată mare de funcţionare, au rol de a conduce seva brută la organele cu ţesuturi asimilatoare (în special frunze), iar parenchimul lemnos are mai ales rol de depozitare. În plus, atît celulele de parenchim liberian, cît şi cele de parenchim lemnos au şi rol de conducere în sens radiar.

Fibrele liberiene şi lemnoase, cu pereţi puternic îngroşaţi şi adesea lignificaţi, aparţin sclerenchimului, avînd un important rol de susţinere; la această funcţie participă însă şi vasele lemnoase care au de asemenea pereţii îngroşaţi şi lignificaţi. La gimnosperme, unde în general lipsesc ţesuturile mecanice, rolul de susţinere revine în principal traheidelor cu punctuaţii areolate.



©Rebonis 2013

Din cele expuse, rezultă că țesuturile conducătoare sînt heterogene (țesuturi complexe) (mai ales ca tip de celule și ca funcție) și în același timp deosebit de importante pentru viața plantei.

## 2.3.4. Sistemul fundamental

Este alcătuit predominant din țesuturi parenchimatice; acestea ocupă volumul cel mai mare din corpul plantelor superioare. Ele iau naștere din meristemul fundamental și sînt alcătuite aproape exclusiv din celule vii.

### 2.3.4.1. Parenchimurile

Parenchimul este un țesut alcătuit din celule vii, de formă diferită și cu funcții variate. Parenchimul corpului primar al plantei se diferențiază din meristemul fundamental, iar cel legat de țesuturile conducătoare din procambiu și cambiu; felogenul, meristem secundar, produce și el, la multe plante, parenchim felodermic.

Parenchimurile sînt considerate țesuturi cu o specializare relativ redusă, dar cu sarcini fiziologice variate. Fiind alcătuite din celule vii, parenchimurile își rezervă proprietatea de diviziune chiar la completa lor diferențiere, jucînd adesea un rol important în cicatrizarea rănilor și regenerare.

Din punct de vedere filogenetic, parenchimul este considerat ca un țesut primitiv, deoarece este primul țesut care apare la plantele inferioare pluricelulare (*Phaeophyta*).

Din punct de vedere ontogenetic, parenchimul este de asemenea considerat ca fiind un țesut primitiv, datorită faptului că celulele care îl constituie sînt morfologic similare cu cele ale țesuturilor embrionului diferențiate din celula ou sau zigot.

Măduva, tot sau aproape tot țesutul cortical al rădăcinii și tulpinii, pericicluI, mezofilul, mezocarpul fructelor cărnoase sînt alcătuite din parenchim. Celulele parenchimatice se găsesc în componența țesuturilor conducătoare vasculare, sub forma de parenchim lemnos și parenchim liberian.

**Forma și dispoziția celulelor parenchimatice.** Cele mai multe celule parenchimatice sînt poliedrice, avînd cele două axe egale sau evident inegale. Celulele de tip prozenchimatic intră în alcătuirea țesutului palisadic al celor mai multe frunze, a țesutului conducător, a razelor medulare etc.

Celule lobate sau cutate se găsesc în mezofilul unor frunze sau constituie țesutul asimilator de la conifere. Celule parenchimatice stelate se întîlnesc în țesuturile aerifere ale unor plante acvatice ca: *Scirpus* sp., *Juncus* sp. ș.a.

Celulele parenchimatice poliedrice de mărime medie au de obicei 14 fețe; numărul de fețe este mai mic la celulele mici. Forma poliedrică a celulelor parenchimatice este rezultatul a numeroși factori dintre care presiunea și tensiunea superficială sînt cei mai importanți. Țesutul parenchimatic complet diferențiat prezintă sau nu spații intercelulare. Așa de pildă, parenchimul endospermului seminal la multe plante este lipsit sau aproape lipsit de spații intercelulare.

**Structura și conținutul celulelor parenchimatice.** Așa cum am menționat, celulele parenchimatice sînt celule vii, cu pereții primari celulozici, subțiri. Adesea celulele unor parenchimuri de înmagazinare a materiilor de rezervă prezintă pereții primari foarte groși datorită faptului că în ei se acumulează hemiceluloză. Așa este cazul pereților celulelor endospermului de la *Phoenix* sp., *Diospyros* sp., *Coffea* sp., *Asparagus* sp., ș.a. Pereții acestor celule devin treptat mai subțiri în timpul germinării semințelor. Celulele parenchimatice, cu pereții îngroșați secundar (chiar lignificați) sînt frecvenți, în special, în xilemul secundar.



©Pedahome 2013

În general, structura internă a celulei parenchimatice variază în funcție de sarcina fiziologică pe care o îndeplinește. Astfel celulele parenchimului fotosintetizator (țesut clorenchimatic), conțin cloroplaste, cîteva vacuole mari sau numeroase vacuole de dimensiuni mici. Uncle celule parenchimatice conțin leucoplaste.

În celulele parenchimului de depozitare se află diferite substanțe de rezervă, în vacuole sub formă de soluție sau în citoplasmă sub formă solidă sau lichidă. Zaharuri sau alți hidrați de carbon solubili și substanțe azotoase se pot găsi în sucul celular. Amide, proteine și zaharuri se găsesc dizolvate în sucul celular din rădăcinile sfeclei de zahăr și în frunzele cărnoase ale bulbului de ceapă. Amidon, proteine, uleiuri și grăsimi se găsesc dispersate în citoplasmă sub forma unor mici granule sau particule.

Grăuncioare de proteină și de amidon se găsesc în citoplasma celulelor din cotiledoanele multor leguminoase, iar proteine și uleiuri se găsesc în endospermul de la *Ricinus communis* și cotiledoanele de la *Glycine maxima*. Amidonul, polizaharidul de rezervă cel mai obișnuit se află în parenchimul endospermic, în parenchimul cortical al tuberculilor de cartof, în parenchimul fructelor, în xilem, floem, în cortex etc.

La plantele cărnoase suculente, în celulele parenchimatice se înmagazinează apă. Aceste celule au pereții subțiri, dimensiuni mari și un strat citoplasmatic parietal. Ele nu conțin, sau prezintă numai foarte puține cloroplaste. Celulele parenchimatice acvifere au cîte o vacuolă mare în care se află substanțe mucilaginoase. Acestea din urmă se află atît în citoplasmă cît și în pereții celulari. Mucilagiile măresc probabil capacitatea de reținere a apei. Uncle celule parenchimatice numite *taninifere*, conțin în vacuolele lor, taninuri. Celulele care conțin tanin își păstrează capacitatea de diviziune mitotică. Adesea, în celulele parenchimatice se formează cristale, în acest caz uncle celule rămîn viabile altele mor. În sfîrșit, celulele parenchimatice numite *idioblaste* conțin diferite substanțe de secreție: *mirozina* (crucifere, caparidacee, rezedacee ș.a.), *uleiuri volatile* (lauracee, simarubacee, calicantacee ș.a.), *mucilagii* (monocotiledonate, cactacee, portulacacee, malvacee, tiliacee, ș.a.) etc.

După funcțiunea pe care o îndeplinesc deosebim 5 categorii de parenchimuri: *parenchimuri de absorbție, parenchimuri asimilatoare, parenchimuri de depozitare de materii de rezervă, parenchimuri acvifere și parenchimuri aerifere.*

**Parenchimuri de absorbție**. Așa cum le arată și numele, principala funcțiune a acestor țesuturi este absorbția apei și a substanțelor minerale dizolvate în ea, soluțiuni pe care le transmite vaselor conducătoare. În unele cazuri parenchimul de absorbție poate să absoarbă apa și sub formă de vapori din atmosfera umedă înconjurătoare. Mai sînt și parenchimuri de absorbție a căror funcțiune este de a absorbi substanțe organice deja elaborate. Avînd în vedere aceste particularități, se deosebesc 3 tipuri de parenchim de absorbție: *rizoderma, velamen radicum* și *epiderma cotiledonară* de la poacee.

**Rizoderma** (parenchimul din zona absorbantă a radicelelor). Este reprezentată de totalitatea perișorilor absorbanți, împreună cu celulele epidermice și parenchimul cortical implicate în absorbția și transmiterea apei cu sărurile minerale spre țesuturile conducătoare lemnoase.

**Velamen radicum**. Este țesutul rădăcinilor aeriene ale orchideelor epifite (*Stanhopea* sp.) (fig. 62). Velamen radicum îndeplinește o dublă funcțiune, aceea de țesut protector (v.p. 76) și de țesut de absorbție. În această ultimă ipostază velamen radicum absoarbe apa sub formă de vapori din aerul atmosferic.

**Epiderma cotiledonară de la Poaceae**. Ca și țesutul precedent, epiderma cotiledonară de la poacee, îndeplinește dubla proprietate de a secreta mai întîi o enzimă hidrolizantă, care transformă amidonul din endospermul seminței în zahăr, pentru

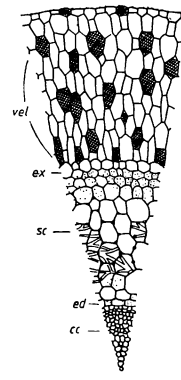



Fig. 62. Secțiune transversală într-o rădăcină aeriană de *Stanhopea* sp.: *cc* — cilindru central; *ed* — endodermă; *ex* — exodermă; *sc* — scoarță; *vel* — velamen radicum (d. I. Grințescu).

ca apoi să-l absoarbă și să-l transmită embrionului în stare de dezvoltare. Celulele acestui țesut secretor-absorbant sînt lungi, avînd forma unor peri unicelulari dispuși perpendicular pe suprafața cotiledonului. Conținutul lor bogat în protoplasmă și nuclee mari indică importanta lor funcțiune în timpul germinației seminței. Activitatea acestui țesut începe odată cu primele faze ale germinației.

**Parenchimuri asimilatoare** (clorenchime). Parenchimul asimilator este unul dintre cele mai importante țesuturi vegetale a cărui funcțiune principală este aceea de a sintetiza substanțele organice prin fotosinteză. Principalul lor caracter constă în prezența cloroplastelor cu clorofilă de unde și numele de țesut clorofilian sau clorenchim pe care îl mai are. Asimilația $CO_2$ de către acest țesut se datorește cloroplastelor.

Nu toate țesuturile ale căror celule conțin cloroplaste sau fotosintetizează pot fi denumite asimilatoare propriu-zise. După *G. Haberlandt* (1882) țesuturile asimilatoare propriu-zise trebuie să îndeplinească două particularități: celulele trebuie să aibă o formă corespunzătoare în vederea captării luminii de către cloroplaste și măririi suprafeței de asimilație; și celulele trebuie să conducă substanțele plastice pe calea cea mai scurtă posibilă.

Parenchimurile asimilatoare sînt foarte răspîndite în organele supraterane ale plantelor, în special în frunze și tulpini fiind localizate imediat sub epidermă.

Un parenchim asimilator este alcătuit în general din celule cu pereții subțiri și celulozici; grosimea acestor pereți nu trece mult de un micron, iar punctuațiunile sînt în general puțin evidente. După forma și dispoziția elementelor din care este alcătuit, precum și după dimensiunile spațiilor intercelulare, parenchimurile asimilatoare sînt: *palisadic* și *lacunar*.

**Parenchimul clorofilian palisadic**. Este în general alcătuit din 1—3 straturi suprapuse de celule de forme prismatică sau cilindrică, bogate în cloroplaste și prezentînd mici spații intercelulare. Celulele palisadice sînt, în general, dispuse perpendicular pe epidermă, așa fel încît se aseamănă cu un gard de scînduri de unde și numirea de țesut palisadic (fr. *palissade* = gard). Parenchimului palisadic se datorește culoarea verde-închis a feței superioare a frunzelor.



Digitized by Arhiva pentru Științe 2013

**Tipuri de celule asimilatoare.** Cel mai răspîndit tip de celule asimilatoare este cel palisadic. Celula palisadică, bogată în cloroplaste este orientată perpendicular pe epidermă, cu excepția celulelor palisadice de la *Typha* sp., *Hydrocharis* sp., *Equisetum* sp. ș.a. care sînt constant oblice. Se cunosc celule asimilatoare alungite care stau paralel cu suprafața organului respectiv (*Veratrum* sp., *Polygonum* sp. ș.a.).

Lungimea celulelor palisadice este variabilă, fiind în funcție de condițiile de viață și de spațiul pe care îl au la dispoziție în frunză. La *Datura stramonium*, *Asplenium ruta-muraria*, *Eryngium campestre* ș.a. celulele asimilatoare au forma de cruce sau de „H".

La *Scilla bifolia*, celulele palisadice în formă de cruce se asociază cu celule îndoite aproape în unghi drept. În alte cazuri celulele palisadice au forma de „T" inversat (*Cycas circinalis*). Această formă curioasă realizează un contact mai mare cu țesuturile spre care sînt conduse asimilatele.

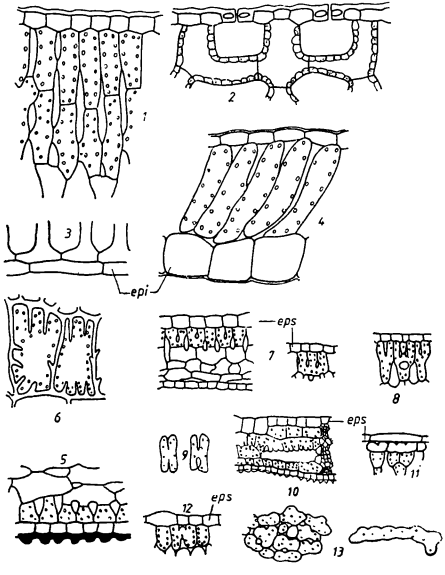



Fig. 63. Diferite celule asimilatoare:
*1 — Asplenium ruta-muraria; 2 — Scilla bifolia; 3 — Cycas* sp.; *4 — Ornithogalum* sp.; *5 — Taxus baccata; 6 — Picea* sp.; *7 — Sambucus nigra; 8 — Paeonia tenuifolia; 9 — Anemone* sp.; *10 — Bambusa* sp.; *11 — Elymus* sp.; *12 — Aspidium* sp.; *13 — Todea aspera: epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară (d. M. Andrei).



BibliotecaDigitală 2013

La unele specii se întîlnesc celule asimilatoare în formă de pilnie. Ele sînt orientate cu baza mare spre celulele epidermei inferioare (*Taxus baccata*) ş.a.. Celulele în formă de pilnie pot fi însă dispuse şi în profunzimea ţesuturilor foliare. Un astfel de ţesut asimilator prezintă totdeauna feţe laterale libere limitate de spaţii intercelulare evidente şi avantajul unui schimb lesnicios de gaze (*Oxalis acetosella, Piperaceae, Cupressaceae, Cycas* sp. ş.a.).

Celulele palisadice ramificate sau în formă de candelabru mai mult sau mai puţin izodiametrice sînt ramificate sau cutate variat. Se întîlnesc la unele monocotiledonate şi dicotiledonate, gimnosperme şi pteridofite. Numărul braţelor (ramificaţiilor) variază de la 2—5 (*Paeonia tenuifolia*), 5—6 (*Bambus* sp.), pînă la 8 (*Todea aspera*). Celulele asimilatoare *tabulare*, cu pereţi cutaţi sînt caracteristice coniferelor şi unor poacee. Acest tip de celule duce la crearea de spaţii intercelulare, la mărirea rezistenţei mecanice şi la mărirea suprafeţei asimilatorii. Celulele asimilatoare cu pereţii cutaţi (pliaţi) permite cloroplastelor să se aşeze într-un număr mai mare şi într-o poziţie mai avantajoasă faţă de lumină, mărind astfel puterea de asimilaţie a ţesutului clorofilian (fig. 63).

**Tecile clorofiliene.** Un tip deosebit de celule asimilatoare palisadice, dispuse radial în jurul fasciculelor conducătoare, îl reprezintă tecile clorofiliene. Aceste celule dispuse imediat în vecinătatea ţesutului conducător prezintă avantajul unui transport rapid al substanţelor plastice (*Cyperaceae, Heleocharis* sp., *Sinapis* sp., *Portulaca* sp., *Bassia* sp., *Atriplex* sp., ş.a.). Celule asimilatoare alungite, paralele cu epiderma şi perpendiculare pe axa longitudinală a frunzei (*Crocosmia aurea, Iris germanica, Gladiolus* sp., *Ginkgo* sp., ş.a.) (fig. 64). Celule asimilatoare alungite, paralele cu epiderma (suprafaţa) şi cu axa longitudinală a frunzei (*Sempervivum tectorum, Galanthus nivalis, Leucojum vernum, Veratrum album* ş.a.).

Numărul de straturi palisadice în frunză este şi el diferit. Aşa de pildă întîlnim un singur strat la *Datura* sp., *Helianthus* sp., 2—3 straturi la *Juglans* sp., 4 straturi la *Salvia officinalis*; 6—7 straturi palisadice la *Salix triandra*; 12 straturi în cladodiile de *Opuntia* sp. Adesea numărul mare de straturi se datoreşte diviziunii din pereţii transversali ai celulelor palisadice.

La unele plante parenchimul palisadic este dispus pe ambele feţe ale frunzei. Este cazul frunzelor ecvifaciale (*Dianthus* sp., *Sarothamnus* sp., *Atriplex portulacoides, Centaurea* sp., *Artemisia* sp. Foarte rar ţesutul palisadic este dispus pe partea abaxială a frunzei (*Cupressaceae*, genul *Tamarix, Thymelaea hirsuta* ş.a); asemenea frunze se numesc inversdorsiventrale.

De obicei ţesutul palisadic este dispus sub epiderma superioară; asemenea frunze se numesc *dorsi-ventrale* sau *bifaciale* (*Fagus* sp., *Syringa vulgaris, Lavandula spica* ş.a.).

**Epiderma asimilatoare.** La plantele terestre şi la unele plante acvatice, celulele epidermice conţin cloroplaste şi, ca atare, iau parte la asimilaţia clorofiliană.

**Parenchimul clorofilian lacunos.** Este alcătuit din celule de formă sferică, lobată sau stelată. Celulele acestui parenchim sînt mai puţin bogate în cloroplaste, în schimb spaţiile intercelulare sînt cu mult mai mari, de unde şi numele de parenchim clorofilian lacunos.

Parenchimul clorofilian lacunos este localizat, de obicei, pe faţa inferioară a frunzelor. Contrastul dintre verdele închis al feţei superioare şi verdele palid al feţei inferioare a frunzelor se datoreşte spaţiilor intereelulare pline cu aer ale ţesutului clorofilian lacunos. Totalitatea spaţiilor intercelulare din ţesutul clorofilian lacunos constituie un sistem de canalizare în care aerul atmosferic circulă în voie, primenindu-se graţie stomatelor care îi reglează intrarea şi ieşirea. Împreună cu ţesutul clorofilian palisadic ţesutul clorofilian lacunos formează o bună parte din mezofilul frunzei.

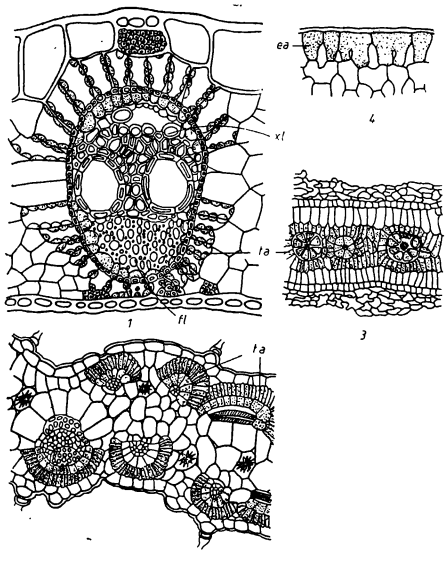



Fig. 64. Teci clorofiliene asimilatoare:
*1 — Cyperus incompletus; 2 — Bassia muricata; 3 — Atriplex halemus; 4 — Adianthum trapeziforme; ea* — epidermă asimilatoare; *fl* — floem; *ta* — teci asimilatoare; *xl* — xilem (d. M. Andrei).

**Parenchimul de depozitare a materiilor de rezervă.** Asimilația clorofiliană sau fotosinteza, se produce în general cu atîta energie în parenchimul clorofilian al plantelor încît produsele de sinteză asigură nu numai necesitățile curente ale întregului organism ci se și depun în parte ca materiale de rezervă în țesuturile de depozitare. Sub această denumire sînt cunoscute țesuturile în care se depun diferite substanțe de rezervă (glucide, protide, lipide, cristale de oxalat de calciu și alte substanțe de rezervă), substanțe care sînt capabile *să ajute germinării sau diferențierii a ceva nou.*

Țesutul de depozitare este alcătuit din celule parenchimatice vii, cu pereții subțiri sau ușor îngroșați. Citoplasma se prezintă sub forma unei pelicule subțiri, parietale. Sînt lipsite de cloroplaste și au un sistem vacuolar dezvoltat. Nucleul celular este deformat de granulele de amidon și proteine. Spațiile intercelulare sînt mai mari sau mai mici sau chiar lipsesc. Toate substanțele de rezervă se depun în mod exclusiv în celule vii, nucleate. Acestea rămîn în stare vie pe toată perioada consumării substanțelor depozitate. Numai la *Poaceae, Zingiberaceae, Nictagi-*



©PedAdmin 2013

*naceae* ş.a., hidroliza amidonului endospermic se face sub influenţa altor celule, deoarece celulele depozitare nu mai au nuclee viabile. Funcţia principală a ţesuturilor de depozitare este aceea de a forma şi apoi de a mobiliza substanţele de rezervă inerte din punct de vedere chimic.

Ţesuturile de depozitare sînt protejate de influenţe externe perturbatoare, prin pereţi semipermeabili, prin absenţa vaselor (endosperm, perisperm ş.a); la ţesuturile asociate cu fascicule vasculare (din tuberculi, rădăcini, frunze ş.a.) protecţia este asigurată de cutinizări şi suberificări ale periferiei acestora. Parenchimurile de depozitare sînt formate în general din parenchimuri compacte şi incolore.

Materiile de rezervă se depozitează sub forma de substanţe ergastice, în citoplasmă, în amiloplaste, în vacuole, mai rar chiar în pereţii celulari (lupin, cafea, sîmburii de curmal ş.a.). Depozitarea substanţelor de rezervă se face în diferite ţesuturi: în ţesutul cortical al tulpinii (gulia, tuberculii de cartof), în parenchimul liberian secundar (rădăcina tuberizată de morcov, păstîrnac ş.a.), în parenchimul lemnos secundar (rădăcina tuberizată de ridiche ş.a.), în parenchimul liberian şi lemnos (în tuberculii de *Helianthus tuberosus*), în parenchimul secundar libero-periciclic (rădăcina tuberizată de la *Beta vulgaris*), în endospermul seminal (seminţele unor leguminoase, cariopsele cerealelor ş.a.), în endodermă (la unele tulpini) ş.a.

**Parenchimul acvifer**. Este un ţesut specializat în depozitarea apei. caracteristic plantelor suculente care vegetează în regiuni secetoase, plante *xerofile* (gr. *xeros* = uscăciune; *philein* = a plăcea) sau pe soluri sărăturoase — plante *halofile* (gr. *hals* = sare). Din prima categorie fac parte: *Sempervivum* sp., *Sedum* sp., *Aloe* sp., *Agave* sp., iar din a doua: *Salicornia herbacea* ş.a.

Parenchimul acvifer este alcătuit, în general, din celule mari cu pereţii subţiri, cu puţină citoplasmă şi lipsite de cloroplaste; sistemul vacuolar este în schimb bine dezvoltat. Sucul celular (vacuolar) concentrat este bogat în mucilagii, substanţe care reţin apa şi o cedează cu greutate. Este de remarcat că, în general, la plantele suculente, parenchimul acvifer se găseşte în strînsă legătură cu parenchimul clorofilian, pe care îl alimentează, din belşug, cu apă. Un exemplu interesant de parenchim acvifer îl oferă *Peperomia trichocarpa*, plantă suculentă din *Piperaceae*. Aici observăm că mai multe straturi de celule subepidermice se specializează alcătuind un ţesut acvifer: mai mult de jumătate din grosimea frunzelor acestei plante este ocupată de ţesutul acvifer. Apa ce se adună în acest ţesut permite plantei xerofile să suporte lungi perioade de secetă. Imediat sub parenchimul acvifer se află parenchimul asimilator, palisadic.

La *Salicornia herbacea*, plantă halofilă, ţesutul acvifer se află între ţesutul palisadic şi cilindrul central; printre celulele ţesutului acvifer se află traheide spiralate. La frunzele ecvifaciale de la *Agave* sp. şi *Aloe* sp. ţesutul acvifer se diferenţiază între ţesutul asimilator de sub cele două epiderme (fig. 65).

Ţesutului acvifer i se ataşează şi celulele *buliforme*, de origine epidermică întîlnite în epiderma superioară a unor frunze de graminee (*Zea mays*, *Triticum* sp., *Arundo donax* ş.a.). Subliniem că celulele buliforme sînt lipsite de cloroplaste. Pe timp de secetă, ţesuturile acvifere se golesc treptat de apă.

**Parenchimul aerifer** (aerenchim). Ţesutul caracterizează speciile de plante acvatice şi palustre, cum sînt: *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, *Potamógeton* sp., *Juncus* sp., *Alisma plantago-aquatica* ş.a. (fig. 66). Celulele acestui ţesut lasă între ele mari spaţii sau lacune, de origine lizigenă, care iau forma de canale mari ce străbat întregul corp al plantei respective. În aceste spaţii se înmagazinează mari cantităţi de aer care determină micşorarea greutăţii specifice a plantei respective, făcînd-o să plutească sau să se menţină în poziţie verticală în apă.



Digitized by 2013

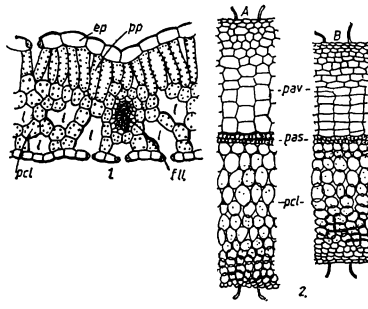



Fig. 65. Parenchimuri:
*1* — clorofilian lacunos la *Ranunculus repens; 2* — acvifer la *Peperomia trichocarpa: A* — secțiune prin frunză proaspătă; *B* — secțiune prin frunză după 4 zile de transpirație între 10—20°C: *ep* — epidermă; *fll* — fasciculi libero-lemnos; *l* — lacune; *pas* — parenchim asimilator; *pav* — parenchim acvifer; *pcl* — parenchim clorofilian lacunos; *pp* — parenchim palisadic (d. I. Grințescu).

Canalele aerifere se formează în țesutul cortical (*Myriophyllum* sp.), în țesutul medular (*Juncus effusus*) sau în ambele aceste țesuturi (*Nymphaea* sp., *Nuphar luteum* ș.a.). La multe plante acvatice canalele aerifere sînt menținute în stare normală (deschisă) grație țesutului *diafragmatic* și *sclereidelor*.

Țesutul diafragmatic este alcătuit din celule cu pereții subțiri de formă neregulată, prevăzut cu spații intercelulare evidente. Celulele acestui țesut provin din proliferarea celulelor care mărginesc canalul. În secțiune transversală el apare sub forma unei perdele prinsă de celulele care delimitează canalul (fig. 67).

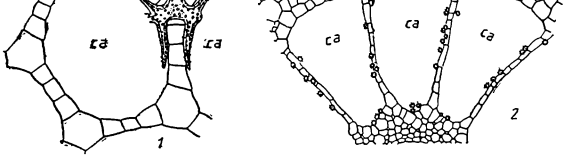



Fig. 66. Parenchim aerifer:
*1 — Nuphar luteum; 2 — Myriophyllum spicatum; cc* — canale aerifere; *cs* — celulă stelată (d. M. Andrei).



CărtiAbaie 2013

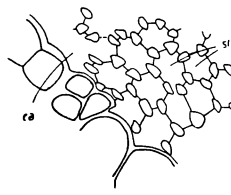



Fig. 67. Țesut diafragmatic:
*1 — Potamogeton gramineus: ca — canal aerifer; si — spațiu intercelular (d. M. Andrei).*

Sclereidele numite și celule stelate provin din modificarea puternică a unor celule care delimitează canalul aerifer. După forma pe care o au la diferite plante pot fi încadrate într-unul din tipurile descrise la țesuturile mecanice. Sclereidele canalelor aerifere de la *Nymphaea alba* se sprijină unele pe altele, constituind un sistem de susținere eficient, care împiedică turtirea sau închiderea acestora (*M. Andrei*, 1978).

Pentru plantele acvatice prezența unei atmosfere interne ușurează schimbul de gaze și dă posibilitatea organelor vegetative să plutească la suprafața apei.

### 2.3.4.2. Țesutul mecanic sau de susținere

Cormofitele ierboase, ca și cele lemnoase, la începutul dezvoltării lor își mențin propria greutate — a ramificațiilor și a frunzelor — și rezistă la acțiunea factorilor externi datorită turgescenței, precum și a țesutului conducător lemnos. Acestora li se adaugă, în procesul diferențierii ontogenetice, țesuturi specializate de susținere sau mecanice cum sînt *colenchimul* și *sclerenchimul*.

Elementele ce alcătuiesc aceste țesuturi se numesc *stereide*. Țesuturile mecanice sînt reunite, din punct de vedere funcțional, sub denumirea de *stereom* (gr. *stereos* = tare, solid).

Țesuturile mecanice după originea lor, pot fi primare și secundare. Țesuturile mecanice primare se diferențiază din celule ce provin din activitatea mitotică a meristemelor apicale (protoderma, procambiul și meristemul fundamental), iar cele secundare se diferențiază din activitatea mitotică a cambiului vascular și a felogenului.

După modul în care se modifică peretele celular și după natura chimică a acestor modificări, celulele mecanice se grupează în două țesuturi și anume: *colenchimul* și *sclerenchimul*.

**Colenchimul** (gr. *colla* = clei; *enchyma-*). Este un țesut mecanic alcătuit din celule vii, caracteristic organelor vegetale în curs de creștere. Particularitățile structurale ale peretelui celular fac din colenchim un țesut mecanic puternic. Țesutul colenchimatic combină o considerabilă rezistență la extensiune cu flexibilitatea și plasticitatea. Aceste însușiri sînt determinate atît de natura peretelui celular cît mai ales de forma și aranjamentul celulelor în țesut.

Din punct de vedere ontogenetic, colenchimul se dezvoltă fie din celule alungite, fie din celule mai mult sau mai puțin izodiametrice provenite din activitatea meristemelor apicale primare, precum și din felogen, în care caz este de origine secundară.

Colenchimul cortical de origine primară provine cel mai adesea din celulele rezultate din activitatea mitotică a aceleiași inițiale sau meristem ca și procambiul. Relația ontogenetică dintre cortex și procambiu apare foarte apropiată la reprezentanții unor familii ca: *Umbelliferae, Piperaceae, Araceae* sau mai îndepăr-

tată, așa cum apare la reprezentanții familiilor: *Labiatae*, *Compositae*, unele *Cucurbitaceae*, sau la *Clematis* sp. și *Aristolochia* sp.

Cînd colenchimul se diferențiază de timpuriu în dezvoltarea ontogenetică a plantei, celulele sale au o mare specializare morfo-structurală și au origine comună cu procambiul. Cînd se diferențiază mai tîrziu, colenchimul este alcătuit din celule slab specializate, parenchimatice; în acest caz colenchimul provine din meristemul fundamental.

Celulele ce alcătuiesc colenchimul au forme variate și mărimi diferite (→2 cm), sînt vii, conțin protoplasmă, nucleu, uneori cloroplaste, tanin uri, diferite alte substanțe, deci asemănătoare cu celulele parenchimatice.

Celulele colenchimului pot prezenta sau nu spații intercelulare. În absența acestora, în locul unde se întîlnesc celulele, se găsesc acumulări de substanțe pectice. Aceste acumulări pot să nu umple complet spațiile și în acest caz, pătrund în ele sub formă de verucozități sau structuri coraliforme.

Celulele ce alcătuiesc colenchimul prezintă particularitatea de a crește simultan în suprafață și în grosime.

Peretele celulelor colenchimului este neuniform îngroșat; îngroșarea se face centripet. În alcătuirea lui intră celuloză, hemiceluloză, compuși pectici și o mare cantitate de apă.

După cercetările efectuate de *Mujumdar* și *Preston* (1941), *Preston* și *Duckworth* (1946) și *Czaja* (1961) la multe specii aceste îngroșări constau din alternare de (7 pînă la 30) lamele bogate în celuloză și sărace în componente pectice, cu altele sărace în celuloză și bogate în componente pectice. Aceste straturi sînt din ce în ce mai bogate în celuloză pe măsură ce sînt dispuse mai aproape de lumenul celular.

*Duchaigne* (1955), *Beer* și *Setterfield* (1958) ș.a. au arătat că straturile adiționale de microfibrile, ce apar în timpul formării îngroșărilor caracteristice ale peretelui celular, se depun pe sau între straturile care sînt continui în jurul celulei.

În general, este greu de delimitat straturile primare de cele secundare ale peretelui celulelor colenchimatice. Aceasta a făcut să fie considerat uneori ca fiind un perete celular primar, heterogen, hipertrofiat.

În compoziția peretelui celular, apa ocupă uneori pînă la 67%, cantitatea variind de la specie la specie, în funcție de vîrsta plantei și starea ei fiziologică. Cantitatea mare de pectină din peretele celular explică proprietatea acestuia de a reține o mare cantitate de apă.

*Roelofsen* (1959) a stabilit că la *Petasites* sp., peretele celulei colenchimului conține: 45% pectină, 35% hemicelluloze și aproape 20% celuloză.

Particularitățile structurale și compoziția chimică a peretelui celulelor colenchimului conferă acestui țesut flexibilitate, deci posibilitatea de a se îndoi fără să se rupă, precum și plasticitate, ce se manifestă prin aceea că acest țesut își poate modifica forma sub acțiunea anumitor factori interni sau externi; țesutul colenchimatic poate suporta 10—12 Kgf/mm².

Flexibilitatea ca și plasticitatea colenchimului se pierd odată cu vîrsta. Astfel se poate constata că în tulpină ca și în pețiolul frunzelor de la multe dicotiledonate, în special a celor ce prezintă creștere secundară în grosime, peretele celular se lignifică, celulele devenind dure.

După modul de îngroșare a peretelui celular, țesutul colenchimatic poate fi: *angular*, *tabular* și *lacunar*.

Colenchimul *angular* este întotdeauna de origine primară, provenind din același meristem cu procambiul și fiind alcătuit din celule ai căror pereți sînt îngroșați în lungul muchiilor; în secțiune transversală îngroșările apar în colțurile celulelor. Datorită acestor îngroșări, lumenul celular devine, în secțiune transversală,

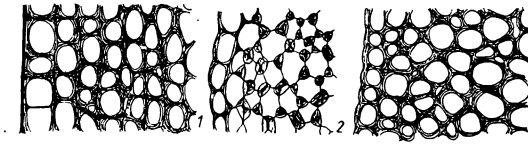


Fig. 68. Colenchimul în secțiune transversală:
*1* — colenchim tabular (*Sambucus nigra*); *2* — colenchim angular (*Cucurbita pepo*); *3* — colenchim lacunar (*Lactuca* sp.) (d. K. Esau).

mai mult sau mai puțin circular. Între celulele colenchimului angular, nu se găsesc spații intercelulare. Un astfel de colenchim se găsește în scoarța externă a tulpinii de la *Solanum tuberosum*, *Atropa belladonna*, *Cucurbita pepo*. Acest tip de colenchim mai poate fi întîlnit în pețiolul frunzei la *Vitis*, *Begonia* sp., *Cucurbita pepo*, *Morus alba*, *Beta vulgaris*, precum și în lamina frunzei majorității arborilor, dispus în dreptul nervurii principale, între aceasta și epiderma inferioară sau între nervură și ambele epiderme.

Colenchimul *tabular* poate fi de origine primară și atunci este dispus subepidermal sau de origine secundară, mai adesea, și atunci se diferențiază din felogen alcătuind felodermul. Colenchimul tabular se caracterizează prin îngroșarea pereților tangențiali externi sau și externi și interni ai celulelor, dîndu-le acestora forma de tabule sau plăci. Acest colenchim nu prezintă spații intercelulare. În scoarța secundară se poate întîlni la *Sambucus nigra*, *Rhamnus* sp., ș.a.

Colenchimul *lacunar*, este de origine primară, cel mai adesea se diferențiază din meristemul fundamental și este alcătuit din celule de forme și mărimi diferite ce lasă între ele spații intercelulare. Pereții celulelor sînt îngroșați, mai ales în dreptul spațiilor dintre celule. Acest tip de colenchim se găsește în pețiolul frunzelor multor reprezentanți ai familiei composite, ca și la specii de *Salvia*, *Malva*, *Althaea*, *Asclepias* ș.a. (fig. 68).

**Dispoziția colenchimului în corpul plantelor**. Colenchimul poate să se diferențieze în tulpină, frunză, în elemente florale, în pericarp și chiar în rădăcină, cînd aceasta este expusă la lumină. Colenchimul lipsește în tulpinile procumbente ca și în cele ale plantelor natante. Colenchimul lipsește și din tulpina și frunza multor monocotiledonate la care sclerenchimul se dezvoltă în stadii foarte tinere. Colenchimul se formează în tulpină de obicei, imediat sub epidermă și în acest caz și celulele ce alcătuiesc epiderma devin colenchimatice. Se mai poate diferenția în scoarță și sub cîteva straturi de celule parenchimatice. Se poate prezenta în tulpină sub formă de inel continuu sau sub formă de pachete longitudinale ca la *Cucurbita pepo*; în dreptul nodurilor și la baza internodurilor în tulpina de graminee; la reprezentanții familiei *Labiatae* se găsește sub formă de muchii longitudinale dispuse subepidermal în scoarța externă.

În frunză se găsește colenchim atît în lamină cît și în pețiol. În lamină, colenchimul însoțește țesutul conducător, în special nervura principală și nervurile secundare de prim ordin, diferențiindu-se între acestea și epiderma inferioară sau între acestea și ambele epiderme. În pețiol colenchimul se diferențiază, cel mai adesea sub formă de inel continuu dispus în scoarța externă (fig. 69).

În structura pericarpului, adesea epicarpul este reprezentat printr-un țesut colenchimatic.



©BacAbanie 2013

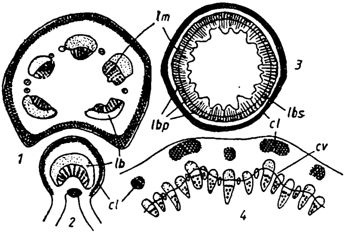



Fig. 69. Dispoziţia colenchimului (haşurat) şi a ţesutului conducător în diferite organe ale plantei (secţiuni transversale):

1, 2 — *Humulus lupulus*: 1 — peţiol; 2 — nervură mediană; 3 — *Sambucus nigra* (tulpină); 4 — *Pastinaca* sp. (tulpină): *cl* — colenchim; *cv* — cambiu vascular; *lb* — liber; *lm* — lemn; *lbp* — liber primar; *lbs* — liber secundar (d. K. Esau).

Mult mai rar poate fi întîlnit ţesutul colenchimatic în rădăcină şi numai atunci cînd aceasta este (parţial) expusă la lumină (*Beta saccharifera*).

**Sclerenchimul** (gr. *scleros* = uscat, dur; *enchyma-*). Sclerenchimul este un ţesut alcătuit din celule nevii la maturitate, cu peretele îngroşat secundar şi adesea lignificat.

Celulele ce alcătuiesc sclerenchimul pot fi de formă, structură, origine şi dezvoltare diferită; între aceste celule nu se găsesc, în general, spaţii intercelulare.

Sclerenchimul este un ţesut elastic în timp ce colenchimul este un ţesut plastic.

După forma celulelor ce-l alcătuiesc, sclerenchimul este de două tipuri şi anume: *sclerenchim scleros*, alcătuit din celule aproximativ izodiametrice ce poartă numele de *sclereide* şi *sclerenchim fibros*, alcătuit din celule alungite denumite *fibre*. Această delimitare este determinată, îndeosebi, de originea diferită a acestor elemente şi anume: sclereidele sînt de origine primară, iar fibrele (sclerenchimul fibros) pot fi de origine primară, cînd se diferenţiază din procambiu, sau secundară în care caz se diferenţiază din cambiu.

*Sclerenchimul scleros* este alcătuit din sclereide ce prezintă o mare varietate de formă, mărime, origine şi constituţie a peretelui celular.

**Originea sclereidelor.** În cele mai multe cazuri îşi au originea în celulele parenchimatice al căror perete celular suferă modificări secundare (sclerificare-lignificare) sau pot să se diferenţieze din celule care se individualizează ca primordii de sclereide. Acestea din urmă pot avea origine diferită şi anume: sclereidele ce alcătuiesc tegumentul seminal îşi au originea în protodermă; sclereidele ce se găsesc în rădăcinile aeriene de la *Monstera deliciosa*, apar din meristemul cortexului, în urma unor diviziuni inegale ale acestuia.

Majoritatea sclereidelor din mezofil se diferenţiază din meristemul fundamental şi apar de timpuriu. Sclereidele se pot diferenţia şi din floem, după ce acesta şi-a pierdut funcţia de conducere.

*Peretele* sclereidelor este puternic modificat secundar. Această modificare variază ca dimensiuni şi ca grad de lignificare. Cînd peretele sclereidelor este subţire, acestea sînt greu de delimitat de celulele ce alcătuiesc parenchimul învecinat. Abia mai tîrziu, prin modificarea secundară a peretelui celular, în urma creşterii în lungime şi grosime, ele se deosebesc considerabil de celulele parenchimatice.

Mecanismul creşterii sclereidelor poate fi cel mai bine explicat printr-o combinare a creşterii simplastice, în stadiile tinere de diferenţiere, cînd ele cresc simultan cu celulele adiacente, cu o creştere apicală intrusivă în stadii tîrzii, cînd ele se alungesc, pătrunzînd în spaţiile intercelulare printre alte celule, sau ele pot să se inter-



©BiblioPhile 2013

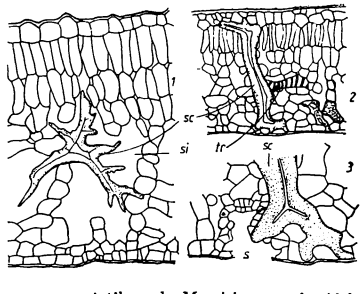



Fig. 70. Sclereide foliare:
*1* — ramificată (*Trochodendron* sp.); *2* — columnară (*Mouriria* sp.); *3* — sclereidă cu ramificații subcuticulare: *sc* — sclereide; *si* — spațiu intercelular; *s* — stomată; *tr* — traheidă (d. K. Esau).

caleze printre celulele epidermale așa cum se întîlnesc la *Mouriria* sp.; sclereidele cresc foarte mult și au uneori chiar forme curioase.

Sclereidele au peretele celular puternic îngroșat, străbătut de punctuații simple sau ramificate prin intermediul cărora s-au realizat legăturile plasmatice dintre celulele vecine, cît timp aceste celule au fost vii; lumenul celular este foarte redus, adesea filiform (fig. 70).

Peretele secundar al sclereidei este alcătuit din lamele ce apar concentrice la microscopul obișnuit și la cel cu lumină polarizată. Această dispoziție poate rezulta din alternarea de straturi izotropice cu straturi alcătuite din celuloză. În peretele secundar al sclereidelor, la unele specii, se pot găsi cristale. La unele specii peretele secundar poate fi verucos sau îngroșările pot fi depuse în forme de benzi dispuse helicoidal sau longitudinal și în acest fel, în secțiune transversală, lumenul celular apare stelat.

Diferențierea sclereidelor este influențată de acțiunea hormonilor, în special de auxine. Astfel, o cantitate mică de auxine determină diferențierea lor, în timp ce o mare cantitate de auxine tinde să inhibe dezvoltarea acestora.

Sclereidele pot prezenta un timp mai îndelungat conținut celular, însă la completa lor diferențiere acesta dispare.

Ținînd seama de particularitățile morfologice ale sclereidelor se disting mai multe tipuri:

*Brahisclereidele* (gr. *brachys* = scurt; *scleros-*; *eidos-*) sau celulele pietroase, sînt celule scurte aproape izodiametrice, frecvent răspîndite în scoarță, în floem, în parenchimul medular, precum și în pericarpul de pară (*Pyrus communis*) și gutuie (*Cydonia oblonga*).

*Macrosclereidele* (gr. *macros* = lung, mare; *scleros-*; *eidos-*) sînt provenite din celule parenchimatice, așa cum sînt de exemplu celulele ce alcătuiesc stratul epidermal al tegumentului seminței de la reprezentanții fabaceelor. Acestea își au originea în protodermă.

*Osteosclereidele* (gr. *osteon* = os; *scleros-*; *eidos-*) sînt sclereide în formă de os, adică sînt celule columnare cu capetele mai dilatate, lobate sau chiar puțin ramificate. Acestea sînt frecvente în mezofilul unor dicotiledonate precum și în tegumentul seminal.

*Astrosclereidele* (gr. *aster* = stea; *scleros-*; *eidos-*) sînt sclereide ramificate și adesea în formă de stea. Se găsesc în frunzele multor reprezentanți ai dicotiledonatelor (fig. 71).



CarteAdmin 2013

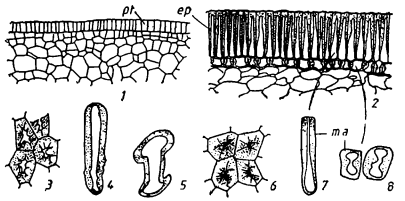



Fig. 71. Sclereide din testa semințelor de la *Fabaceae*: *1, 2 — Phaseolus vulgaris* în două stadii de dezvoltare; *3 — Pisum sativum; 6—8 — Phaseolus vulgaris: 5, 6* — grupuri de sclereide epidermale (vedere apicală); *4, 7* — sclereide subepidermale: *ep* — epidermă; *ma* — macrosclereidă; *pt* — protodermă (d. K. Esau).

*Trihosclereidele* (gr. *thrix, tricho* = păr; *scleros-*; *eidos-*) sînt sclereide cu pereți subțiri, ramificate asemănător perilor, ramificațiile lor pătrunzînd în spațiile intercelulare. Trihosclereidele din rădăcinile aeriene de la *Monstera* sp. se diferențiază din celulele meristemului cortical care se divid inegal.

*Sclereidele filiforme* sînt celule lungi, subțiri, asemănătoare fibrelor. Sclereidele filiforme din frunzele de *Olea europaea* își au originea atît în țesutul palisadic, cît și în cel lacunar, fiind de 2—3 ori mai mari față de celulele acestor țesuturi.

Această clasificare nu poate cuprinde toate formele de sclereide cunoscute. Forma sclereidelor poate fi caracteristică unor specii și, în acest caz, poate constitui un criteriu taxonomic.

Sclereidele sînt dispuse, izolat sau grupat în diferite părți în corpul plantei: în epidermă, scoarță și parenchimul medular al tulpinii multor gimnosperme și dicotiledonate.

Sclereidele sînt comune în xilem și floem împreună cu fibrele. În tulpină sînt dispuse sub formă de cilindru continuu de sclerenchim, la periferia sistemului vascular, cînd planta nu prezintă creștere secundară în grosime, sau fragmentat cînd prezintă creștere secundară în grosime.

Sclereidele se găsesc și în frunză la diferite plante, mai cu seamă tropicale: *Camellia* sp., *Gnetum* sp., *Trochodendron* sp., *Nymphaea* sp., *Cyathocalyx* sp., *Monstera* sp., *Olea* sp., ș.a. La unele frunze mezofilul este complet străbătut de sclereide; la alte plante pot ocupa în frunză numai periferia fasciculelor vasculare. Sclereidele din frunză se mai cunosc și sub denumirea de *idioblaste* (gr. *idios* = individual; *blastos-*) (fig. 72).

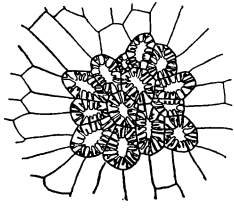


Fig. 72. Sclereide din pericarpul de la *Pyrus* sp. (d. E. Strasburger).



CărtiAzi 2013

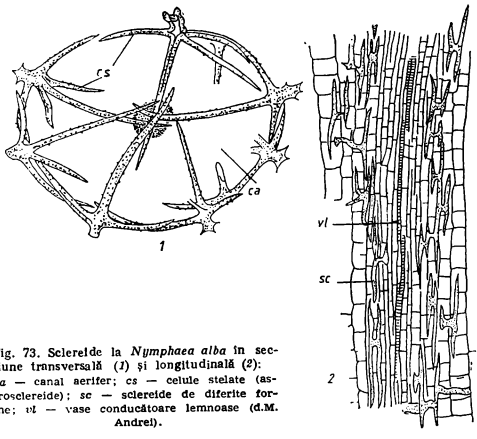



Fig. 73. Sclereide la *Nymphaea alba* în secțiune transversală (*1*) și longitudinală (*2*): *ca* — canal aerifer; *cs* — celule stelate (astrosclereide); *sc* — sclereide de diferite forme; *vl* — vase conducătoare lemnoase (d.M. Andrei).

Sclereidele sînt comune de asemenea în fructe și semințe. Straturile periferice ce alcătuiesc pericarpul de la capsule și nuci ca și endocarpul tare al drupelor, sînt alcătuite din sclereide (fig. 73).

De asemenea, catafilele au epiderma și cîteva straturi subepidermale alcătuite din sclereide.

**Sclerenchimul fibros** este alcătuit, în mod obișnuit, din fibre foarte lungi și înguste, ascuțite, uneori pot fi variate ca origine și dezvoltare, ca formă, mărime, structură și componență chimică a peretelui celular.

**Originea fibrelor.** Fibrele apar din diferite meristeme. După originea lor, ca și după localizarea lor în corpul plantei se împart în fibre *xilematice* și *extraxilematice*. Fibrele lemnoase ca și cele liberiene pot fi primare și secundare și se diferențiază din procambiu și respectiv din cambiu. Din cambiu, fibrele apar din inițiale fusiforme. Fibrele extraxilematice își au originea în meristemul fundamental și anume apar din celule care încetează să se mai dividă transversal și care cresc mult în lungime. La ciperacee, fibrele sînt de origine protodermală; celulele protodermei se divid periclinal și anticlinal și derivatele ei se diferențiază în fibre, cu excepția celor externe ce rămîn epidermice propriu-zise. Tecile fasciculare fibroase își au originea, parțial, în derivate ale procambiului și, parțial, în meristemul fundamental. În rădăcinile unor monocotiledonate, fibrele ce însoțesc fasciculele vasculare provin din procambiu.

**Dezvoltarea fibrelor.** Fibrele care se formează în timpul diferențierii structurii primare, se dezvoltă diferit față de cele ce apar în structura secundară.

Fibrele primare se formează înainte ca organul să-și înceteze creșterea în lungime; pot să se întindă considerabil în lungime prin alungire, în timp ce celulele învecinate sînt încă în diviziune. Acestei creșteri simplastice i se poate adăuga o creștere intrusivă în grosime. În perioada de creștere în grosime, vîrfurile rămîn



CarteAdmin 2013

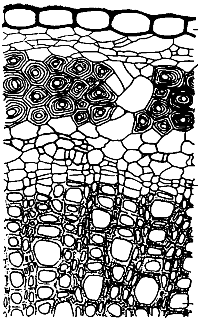



Fig. 74. Poziţia fibrelor floemice în tulpină la *Linum usitatissimum*:
*cv* — cambiu vascular; *ep* — epidermă; *flb* — fibre liberiene; *lb* — liber; *lms* — lemn secundar (d.K. Esau).

subţiri, în timp ce în porţiunea mediană a celulei, care a atins completa sa lungime, încep să se formeze pereţi secundari. Aceste îngroşări secundare ale fibrelor floemului primar au fost studiate la *Linum* şi *Boehmeria*. La aceste plante, peretele secundar al fibrelor se dezvoltă în formă de lamele succesive ce apar distinct.

Spre deosebire de fibrele primare, cele secundare se formează în părţi de organe ce şi-au încetat creşterea în lungime, de aceea ele pot să crească în lungime numai printr-o creştere intrusivă. Această diferenţiere în modul de creştere explică de ce în aceeaşi tulpină, fibrele floemului primar pot atinge o mai mare lungime decît cele secundare. La *Cannabis* sp., de exemplu, fibrele floemului primar pot atinge cca 13 mm, în timp ce cele secundare ating numai 2 mm. Deci fibrele floemului secundar nu ajung să atingă aceeaşi lungime cu cele primare; în mod obişnuit, ele devin mai lungi decît iniţialele cambiale din care provin, printr-o creştere intrusivă.

Creşterea apicală a fibrelor este mai substanţială la cele din xilemul secundar. Aceste fibre xilematice secundare sînt formate din celule ce sînt în partea mediană mai largi, corespunzător cu mărimea celulei cambiale din care provin. La aceste fibre punctuaţiile sînt limitate la partea mediană (fig. 74).

**Clasificarea fibrelor**. Fibrele se împart în două mari grupe: fibre xilematice şi fibre extraxilematice.

*Fibrele xilematice* se dezvoltă din acelaşi ţesut meristematic ca şi celelalte elemente ce alcătuiesc xilemul, constituind o parte integrantă a lemnului; se caracterizează prin pereţi secundari lignificaţi. Aceste fibre, deşi au aceeaşi origine, sînt totuşi heterogene. Se împart în două tipuri principale şi anume: *fibre traheidale* şi *fibre libriforme*. Fibrele traheidale au derivat filogenetic din traheide prin creşterea în grosime a peretelui celular, prin descreşterea în lungime şi prin scăderea mărimii punctuaţiilor areolate şi transformarea lor în punctuaţii simple.

Fibrele libriforme sînt cele mai specializate, ele se aseamănă cu cele liberiene.

*Fibrele extraxilematice* sînt toate celelalte fibre necuprinse în xilem, acestea sînt astfel grupate: *fibre floemice*, ce se diferenţiază din procambiu şi cambiu, deci se găsesc în liberul primar şi în cel secundar; *fibre corticale* ce îşi au originea în cortex şi *fibre perivasculare*, localizate la periferia cilindrului central şi numite *fibre periciclice*.

**Structura fibrelor.** Fibrele *xilematice* au, în mod obișnuit, peretele celular lignificat. Ele sînt variate ca formă, mărime, grosime a peretelui celular, ca și tipul și abundența punctuațiunilor.

Din punct de vedere filogenetic sînt considerate ca fiind derivate dintr-o celulă de lemn, neperforată (traheidă) ce combină funcția de conducere a apei cu aceea de susținere. Această poate fi exemplificată prin gradarea aproape imperceptibilă dintre aceste două tipuri de celule la unele angiosperme (*Quercus* sp.). Aceste gradații sugerează succesiunea schimbărilor în timpul evoluției unei fibre dintr-o traheidă, prin creșterea în grosime a peretelui, prin descreșterea în lungime și reducerea în mărime a punctuațiunilor.

Aceste însușiri, grosimea peretelui celular și în mod deosebit natura punctuațiunilor, sînt folosite la diferențierea celor două categorii principale de fibre lemnoase: *fibre traheidale* și *fibre libriforme*. În mod obișnuit grosimea peretelui celular crește succesiv de la traheide la fibrele traheidale și apoi la fibrele libriforme. Fibrele libriforme au punctuații sub formă de canale lungi și înguste, iar camerele punctuațiunilor sînt reduse sau cel mai adesea absente. Punctuațiunile, atît la fibrele traheidale cît și la cele libriforme sînt adesea opuse (simetrice).

În general, traheidele sînt mai scurte decît fibrele care au suferit o extensie în timpul diferențierii țesutului.

Atît fibrele traheidale cît și cele libriforme pot fi septate; septele apar după îngroșarea pereților celulari, ca urmare a unor mitoze urmate de citochineză. Septate sau nu, fibrele xilematice pot să păstreze citoplasmă și să servească pentru stocarea de amidon, uleiuri și alte substanțe de rezervă. Aceste fibre vii sînt integrate parenchimului lemnos.

*Fibrele extraxilematice* au în general formă alungită, fusiformă, dar ele pot fi terminate trunchiat sau ramificat; cele primare sînt mai lungi decît cele secundare. Mărimea lor variază de la fracțiuni de milimetru pînă la 250 mm (cum sînt fibrele primare de la *Boehmeria nivea*).

Peretele fibrelor extraxilematice este în mod frecvent foarte gros. Astfel, la fibrele floemice de la *Linum usitatissimum* (in) îngroșarea poate atinge 90% din lumenul celulei în secțiune transversală. Peretele acestor fibre poate fi puternic lignificat, în special la monocotiledonate; conține puțină lignină numai la exterior ca la *Cannabis sativa*, sau nu conține deloc lignină, ca la *Boehmeria nivea*, *Linum usitatissimum*, la care peretele secundar este alcătuit din 75% —90% celuloză.

La fibrele extraxilematice se pot pune foarte ușor în evidență lamelele succesive care alcătuiesc peretele secundar; aceste lamele variază ca dimensiune de la 0,1—0,2 μm, straturile celulozice sînt, în mod alternativ, puternic sau slab birefringente. La alte tipuri de fibre aspectul lamelelor se datorește alternării straturilor celulozice cu cele necelulozice.

**Dispoziția fibrelor în corpul plantei.** Fibrele se pot găsi în grupe separate, în formă de cilindru în scoarță și floem, în formă de teci sau calote asociate cu fasciculele vasculare și în grup sau dispersate în xilem și floem.

În tulpinile de dicotiledonate, fibrele se găsesc în mod frecvent în partea externă a floemului primar, formînd grupuri întinse, uneori anastomozate sau în formă de plăci dispuse tangențial. La unele plante fibrele se găsesc în floemul primar ca la *Alnus* sp., *Betula* sp., *Linum usitatissimum*, *Nerium oleander* ș.a. La alte plante se găsesc în floemul secundar, ca la *Clematis* sp., *Juglans* sp., *Magnolia* sp., *Robinia* sp., *Tilia* sp., *Vitis* sp. ș.a.

Alte plante au cilindri compleți de fibre, fiecare cuprinzînd și fasciculele vasculare, ca la *Geranium* sp., *Pelargonium* sp., *Lonicera* sp., ș.a., sau la o oarecare distanță de acestea, însă localizate în interiorul celui mai intern strat al scoarței ca la *Aristolochia* sp., *Cucurbita* sp. ș.a.

La numeroase plante fasciculele vasculare izolate pot fi însoțite de teci fasciculare mai dezvoltate la cei doi poli ai fasciculului ca la *Pelargonium* sp., *Rheum* sp., *Senecio* sp., ș.a.

La monocotiledonate, de asemenea, se întîlnesc fibre cu localizare diferită. La graminee fibrele se găsesc sub formă de cilindru lobat, dispus în scoarță, cu, coaste legate de epidermă așa cum sînt la *Zea mays*, *Saccharum* sp., *Andropogon* sp. *Sorghum* sp. La *Palmae*, cilindrul central este demarcat de o zonă sclerenchimatică, adesea lată, ce poate fi legată de tecile fasciculare fibroase; de asemenea parenchimul fundamental se poate sclerifica. La numeroase frunze de monocotiledonate, fasciculele vasculare pot fi însoțite de fibre ce întrerup mezofilul, formînd proeminențe, îndeosebi în dreptul nervurilor principale, sau grupuri de fibre subepidermale asociate sau nu cu fasciculele vasculare.

În rădăcină se găsesc fibre atît în structura primară cît și în cea secundară, îndeosebi în floem și xilem.

La majoritatea angiospermelor se diferențiază fibre în lemnul și liberul primar și secundar.

La gimnosperme, de obicei, nu se găsesc fibre în liberul primar, dar ele se diferențiază în floemul secundar și, uneori, în scoarța tulpinii (fig. 75).

**Importanța economică**. Fibrele vegetale au o mare importanță economică, ele au fost utilizate din punct de vedere economic încă din antichitate. Inul a fost cultivat de acum 3000 de ani în Europa și Egipt, iar cînepa a fost cultivată aproximativ din același timp în China.

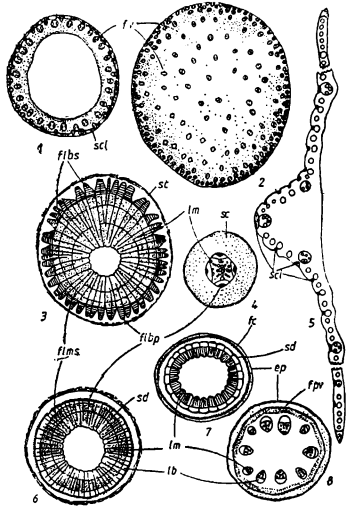



Fig. 75. Dispoziția sclerenchimului (punctat) și a țesutului conducător în secțiune transversală:
*1* — *Triticum* sp. (tulpină); *2* — *Sorghum* sp. (tulpină); *3*— *Tilia* sp. (tulpină); *4* — *Phaseolus vulgaris* (rădăcină); *5* — *Poaceae* (frunză); *6* — *Fraxinus* sp. (tulpină); *7* — *Gnetum gnemon* (tulpină); *8* — *Aristolochia* sp. (tulpină): *ep* — epidermă; *fc* — fibre corticale; *fibp* — fibre liberiene primare; *fibs* — fibre liberiene secundare; *fims* — fibre lemnoase secundare; *fpv* — fibre perivasculare; *fv* — fascicule vasculare cu teci de fibre; *lb* — liber; *lm* — lemn; *scl* — sclerenchim; *sc* — scoarță; *sci* — sclereide (d. K. Esau).



©PrezAdmin 2013

Din punct de vedere tehnic, termenul de fibră se referă la grupuri de fibre individuale, în timp ce termenul botanic de fibră se referă la celulă.

Fibrele tehnice obţinute din floem, ca cele de in, cînepă, rafie, iută, sînt grupuri de fibre anatomice, în timp ce fibrele obţinute din frunzele de monocotiledonate reprezintă, în mod obişnuit, fascicule vasculare, împreună cu fibrele asociate, aşa cum sînt cele de *Raphia* sp. De asemenea, din punct de vedere tehnic, sub termenul de fibră sînt desemnaţi şi perii epidermei tegumentului seminal de la *Gossypium* sp., ca şi cei ai seminţelor din păstaia de la *Ceiba* sp.

Fibrele economice (comerciale) se împart în fibre tari şi fibre moi. Fibrele tari sînt cele obţinute din frunze de monocotiledonate; ele au o puternică lignificare a pereţilor celulari, fiind deci rigide ca textură. Astfel de fibre sînt cele obţinute din frunzele diferitelor specii de *Agave* (de 0,8—8,00 mm lungime), cele obţinute din frunzele de *Musa textilis* (2—12 mm lungime); cele obţinute din frunzele de *Yucca* sp. şi *Phormium tenax*, au 2—15 mm lungime.

Fibrele moi, sînt fibrele ce au pereţii celulari aproape lignificaţi sau lipsiţi de lignină, în care caz sînt moi şi elastice. Astfel sînt fibrele obţinute din tulpina de *Linum usitatissimum* (9—70 mm lungime) de la *Cannabis sativa* (5—55 mm lungime) de la *Corchorus capsularis* (0,8—6,0 mm), de la *Boehmeria nivea* (50—250 mm lungime) şi de la *Hibiscus cannabinus* (Kenaf). Perii seminali de la *Gossypium herbaceum* ajung la 16—30 mm lungime.

Pentru separarea fibrelor textile de celelalte ţesuturi, materialul vegetal este supus unui proces de macerare (topire) sub influenţa unor bacterii şi ciuperci.

### 2.3.4.3. Ţesuturi secretoare

În unele celule ale plantelor se produc (secretă), ca rezultat al procesului de metabolism, multe substanţe care par a fi neutilizabile în procesele vitale. În sens larg aceste substanţe sînt: uleiuri esenţiale, gume, mucilagii, gumo-rezine, taninuri, alcaloizi, oxalatul de calciu, nectarul, latexul etc.

Celulele secretoare active au pereţi celulari de obicei fini, celulozici, protoplasmă densă, bogată în substanţe proteice, nucleu mare, proplastide sau plastide cu sistem lamelar slab dezvoltat, numeroase mitocondrii, RE granulat şi alte organite. Se remarcă o slabă vacuolizare a celulelor care sînt în activitate secretorie. Termenul de excreţie reprezintă procesul de eliminare a produselor finale ale metabolismului în afara organismului sau în anumite formaţiuni structurale (cavităţi, canale), iar termenul de secreţie se referă la separarea unor substanţe din protoplast — ce rămîn în interiorul celulei ce le-a produs; acestea pot fi sau nu folosite în procesele vitale.

În mod obişnuit există o linie de demarcaţie fermă între excreţie şi secreţie la plante, pe de o parte datorită faptului că aceste produse ale metabolismului se pot acumula în aceleaşi cavităţi şi, pe de altă parte, datorită insuficientei cunoaşteri a rolului acestor substanţe pentru plantă. De aceea, toate aceste structuri sînt reunite sub denumirea de celule sau ţesuturi secretoare (ce cuprind secreţia în sens strict şi excreţia).

Într-un individ determinat, celulele secretoare nu formează un ţesut în sensul strict al cuvîntului, deoarece acestea nu au origine comună şi nici continuitate structurală. Numai funcţia fiziologică a acestora permite definirea lor ca ţesut secretor.

Structurile implicate în secreţie sînt foarte variate ca mărime, grad de specializare şi ca localizare în corpul plantei. Ele pot fi celule izolate, peri, structuri complicate vascularizate, cavităţi, canale, fuziuni de complexe celulare (laticiferele ce conţin atît substanţe de secreţie cît şi excreţie). Ca localizare, ele pot fi externe şi interne.



©Rdaria 2013

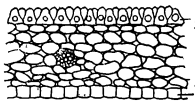



Fig. 76. Secțiune transversală printr-o petală de *Rosa centifolia*:
*eps* — epiderma superioară din celule secretoare (papile); *epi* — epidermă inferioară; *mz* — mezofil (d.t. Grințescu).

Țesuturile secretoare prezintă importanță taxonomică în identificarea unor plante și, de asemenea, un considerabil interes practic. În industria farmaceutică, se utilizează un număr mare de produse elaborate de aceste țesuturi cum sînt: uleiurile esențiale, gumele, mucilagiile, alcaloizii, taninurile și amestecurile complexe, cunoscute sub denumirea de latex.

Celule secretoare de nectar se diferențiază în mod frecvent pe elementele florale, în inflorescențe și uneori pe frunze; celulele producătoare de mucilagii se găsesc, frecvent, pe învelișul unor semințe; cele cu tanin se diferențiază atît în organele vegetative, cît și în cele reproducătoare. Structurile secretoare de uleiuri esențiale, gume, alcaloizi, latex sînt mai puțin răspîndite și prezența lor reprezintă adesea unul dintre cele mai importante criterii de identificare și diagnosticare.

**Țesutul secretor extern.** Din acesta fac parte: papilele secretoare, osmoforele, perii secretori, glandele saline, hidatodele, emergențe secretoare (perii digestivi) și nectariile.

Parfumul florilor este dat de substanțele volatile (uleiuri esențiale) produse de unele celule epidermale ale elementelor florale. Printre acestea citām papilele secretoare și osmoforele.

**Papilele secretoare** sînt celule secretoare epidermale, conice sau bombate, ele dau aspectul catifelat petalelor multor flori ca și parfumul acestora, așa cum sînt cele de trandafir, garoafe, panseluțe, crin, viorele, lăcrimioare etc. Papilele au proprietatea de a secreta un ulei volatil, mirositor, care difuzează prin peretele celular și se răspîndește ușor în atmosfera din jurul plantei respective (fig. 76).

**Osmoforele** se prezintă sub formă de apendici, cili sau lacinii. Osmoforele sînt formate din celule epidermale și cîteva straturi de celule subepidermale. Uleiurile volatile secretate de osmofore au o durată scurtă și secreția este asociată cu utilizarea unei mari cantități de amidon. Uleiurile volatile se evaporă aproape imediat, însă uneori ele pot rămîne și sub formă de picături (fig. 77).

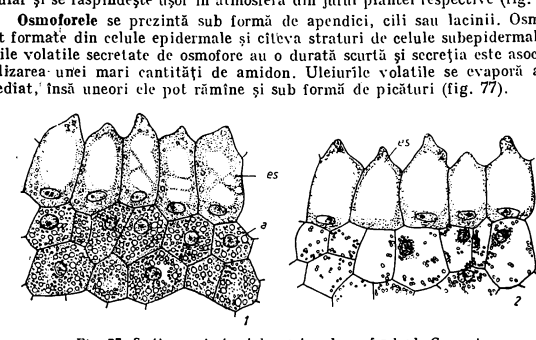



Fig. 77. Secțiune prin țesutul secretor al osmoforelor la *Ceropegia stapeliaeformis*:
*1* — în timpul activității secretorii; *2* — după activitatea secretorie; *a* — amidon; *es* — epidermă secretoare (d. K. Esau).



CărțiAbsolv 2013

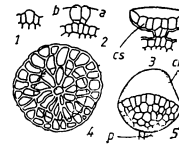



Fig. 78. Dezvoltarea perilor secretori la *Humulus lupulus*: *1* — celula inițială; *2* — diferențierea primelor celule secretoare *(a, b)*; — 3 celule secretoare în secțiune; *4* — vedere apicală; *5* — vedere laterală; *cs* — celule secretoare; *ct* — cuticulă; *p* — piciorul părului (d.I. Grințescu).

Osmoforele se găsesc la *Asclepiadaceae, Aristolochiaceae, Araceae* și *Orchidaceae*. Prelungirea inflorescenței de la aracee ca și țesutu ce atrage insectele de pe elementele florale de la *Spartium junceum, Platanthera bifolia, Narcissus jonquilla, Lupinus* sp., etc., sînt osmofore.

**Perii secretori** cunoscuți și sub denumirea de peri glandulari, sînt formațiuni epidermale eare se diferențiază pe axele supraterane, pe frunze, pe elementele florale și mai rar pe fructe. Produsul secretat poate fi: uleiuri esențiale, oleo-rezine, gumo-rezine etc. Acestea difuzează prin peretele celular și se acumulează, la început între peretele celular și cuticulă pe care o bombează, apoi o rupe.

La majoritatea reprezentanților familiei labiate, perii secretori sînt alcătuiți dintr-o bază unicelulară, un pedicel scurt de asemenea unicelular, ce poartă partea secretoare care poate fi unicelulară (*Podostemon* sp.,), bi- sau tetracelulară, din 8 sau 12 celule, ca la speciile de *Mentha, Lavandula, Rosmarinus, Thymus*.

La *Humulus lupulus*, perii secretori se diferențiază pe bracteile din inflorescența femininǎ; ei sînt pluricelulari solzoși, formați dintr-o bază de regulă bicelulară, un picior scurt uni- sau bicelular și o parte secretoare pluricelulară în formă de cupă, alcătuită dintr-un singur strat de celule. Substanța secretată, *lupulina*, difuzează prin peretele celular și se acumulează între acesta și cuticula pe care o bombmează, dînd acestor formațiuni un aspect globulos, caracteristic. Lupulina este o substanță aromată și amară folosită la aromatizarea berei (fig. 78).

Diferitele categorii de peri secretori pluricelulari se deosebesc, mai ales, prin partea lor secretoare, care rezultă în urma numărului de diviziuni ce au loc. În acest fel se formează peri bi-, tetra-, octo- etc. -celulari (*Labiatae, Scrophulariaceae*).

**Glandele saline** sînt structuri ce se întîlnesc pe frunzele multor plante halofile, prin intermediul cărora se elimină surplusul de săruri, prin gutație activă. Celulele ce alcătuiesc aceste formațiuni au citoplasmă densă, sînt bogate în mitocondrii, RE și dictiozomi. Soluția de săruri este secretată în mod activ la suprafața celulelor. După evaporarea apei, sărurile rămîn pe suprafața frunzelor sub formă de strat de pulbere albă.

La speciile de *Atriplex*, acestea se prezintă sub formă de peri ce au un picior format din cîteva celule înguste care poartă terminal o celulă secretorie mare. La *Plumbago capensis* se găsesc formațiuni secretorii 8 — celulare, ce elimină săruri de calciu, la nivelul epidermei. La *Tamarix* sp., pe frunze se găsesc glande saline pluricelulare (fig. 79), iar formațiuni ceva mai mari se găsesc la *Limonium* sp., și *Avicennia* sp.

**Hidatodele** sînt structuri care elimină apa în exces prin fenomenul numit gutație. Apa de gutație conține diferite săruri, glucide, soluții organice etc., în diferite concentrații.

Ținînd seama de particularitățile structurale ale acestora, hidatodele sînt de două tipuri: *hidatode epidermice* sau active și *hidatode traheidice* sau pasive.

*Hidatodele epidermice* sînt de origine epidermală; sînt alcătuite din una sau mai multe celule, adesea în formă de peri, care au legătură directă cu vasele con-



CarteaStudentului 2013

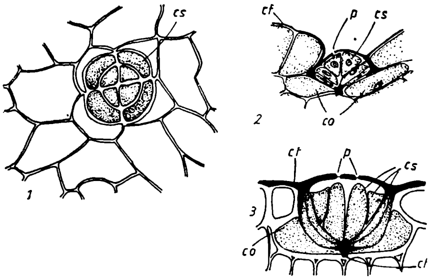



Fig. 79. Peri secretori de săruri:
*1 — Plumbago capensis; 2 — Tamarix* sp.; *3 — Limonium latifolium:* co — celule colectoare; *cs* — celule secretoare; *ct* — cuticulă; *p* — por (d. A. Fahn).

ducătoare lemnoase; ele elimină apa în mod activ, prin permeabilitatea crescută a pereţilor celulari.

La *Piper nigrum*, pe frunze se diferenţiază hidatode epidermice alcătuite din trei celule suprapuse; cea bazală este împlîntată în epidermă şi legată de celule subepidermale prin punctuaţii simple (fig. 80). Hidatodele cu aspect de peri se mai numesc şi trihomohidatode (*Phaseolus multiflorus, Fragaria vesca* ş.a.).

*Hidatodele traheidice* sînt formaţiuni la alcătuirea cărora participă traheide inelate şi spiralate. Apa adusă de traheide se acumulează într-un ţesut parenchimatic lax, lipsit de cloroplaste, numit *epitem*, apoi este împinsă pasiv de o nouă cantitate de apă şi eliminată la exterior prin ostiola unei stomate nefuncţionale (*stomată acviferă*).

La *Primula sinensis*, într-o secţiune făcută printr-un dinte foliar se observă o astfel de hidatodă traheidică. O structură asemănătoare prezintă şi hidatodele de pe frunzele de *Saxifraga lingulata*.

La unele plante hidatodele traheidice sînt lipsite de epitem. În acest caz apa trece spre deschiderea hidatodei prin celule obişnuite ale mezofilului. La ferigi, hidatodele sînt lipsite de stomate acvifere sau, în unele cazuri, acestea pot fi alcătuite din mai multe celule, dar au o singură ostiolă (*Crassula* sp., *Ficus* sp., ş.a.).

Apa eliminată de hidatode poate conţine: săruri variate, glucide şi diferite substanţe organice.

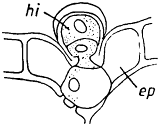



Fig. 80. Secţiune longitudinală printr-o hidatodă epidermală la *Piper nigrum*:
*ep* — epidermă; *hi* — hidatodă (d.I.Grinţescu).



©RedAbis 2013

Uneori, hidatodele apar asociate cu țesutul secretor; astfel de hidatode pot fi interpretate ca structuri intermediare între nectarii și hidatode. Alteori, hidatodele pot fi diferențiate ca peri secretori.

**Emergențe secretoare**, cunoscute și sub denumirea de peri sau glande digestive, sînt formațiuni pluricelulare sesile sau pedicelate caracteristice plantelor carnivore.

Celulele ce alcătuiesc aceste structuri secretă atît substanțe mucilaginoase cu ajutorul cărora imobilizează diferite animale mici, cît și diferiți fermenți proteolitici.

La *Drosera rotundifolia* pe fața superioară a frunzelor, se diferențiază emergențe secretorii. Acestea prezintă un pedicel alcătuit din cîteva straturi de celule, străbătute de traheide inelate și spiralate și o parte terminală măciucată. Partea terminală este formată dintr-un strat de celule periferice, relativ mari și alungite, prevăzute cu o cuticulă fină ce constituie celulele secretoare propriu-zise.

La *Pinguicula vulgaris*, pe fața superioară a laminei se diferențiază atît peri pedicelați mucilagigeni, cît și peri sesili care secretă substanțe proteolitice. Un păr mucilagigen este alcătuit dintr-un pedicel pluricelular multiseriat ce poartă terminal opt celule secretoare. Un păr secretor de fermenți proteolitici este format dintr-un pedicel bicelular implîntat în epidermă, prevăzut în partea terminală cu 4 celule secretoare.

Speciile genului *Nepenthes* au lamina frunzei transformată în urnă. În interiorul urnei se găsesc numeroase emergențe secretorii pluricelulare, sesile, globuloase; în apropierea bazei lor ajung ultimele ramificații ale nervurilor alcătuite din traheide inelate și spiralate (fig. 81).

**Nectariile** sînt structuri secretoare al căror produs de secreție numit nectar, este bogat în zaharuri și alte substanțe organice. Nectariile se pot diferenția atît pe organele vegetative, cît și pe elementele florale, în apropierea țesuturilor liberiene. Țesutul nectarifer este în multe cazuri de origine epidermală sau la alcătuirea lui participă, pe lîngă epidermă și cîteva straturi subepidermale, iar la unele plante chiar și țesutul conducător liberian, prin intermediul căruia sînt aduse glucidele ce intră în componența nectarului. Nectarul bogat în zaharuri este secretat de structuri care sînt prevăzute numai cu țesut conducător liberian (*Euphorbia* sp., *Abutilon striatum* ș.a.). Se cunosc și structuri intermediare între hidatode și nectarii (*Fritillaria* sp.).

Nectarul este eliminat fie direct prin peretele celular, fie prin ostiola stomatelor. După locul unde se diferențiază, nectariile sînt de două feluri: *nectarii florale* și *nectarii extraflorale* sau extranupțiale.

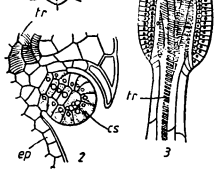



Fig. 81. Emergențe secretoare (peri digestivi):
1 — *Pinguicula vulgaris*; 2 — *Nepenthes destillatoria*; 3 — *Drosera rotundifolia*; *ep* — epidermă; *cs* — celule secretoare; *tr* — traheidă (d.I. Grințescu)

*Nectariile florale* se diferențiază pe diferite părți ale elementelor florale. Filogenetic se înregistrează o tendință a migrării nectariilor florale de pe elementele periantului pe ciclurile interne ale florii.

După localizarea structurilor nectarifere florale *A. Fahn*, (1967) deosebește șase tipuri.

**Învelișuri florale nectarifere.** Sînt structuri secretoare de nectar diferențiate pe elementele periantului sau perigonului.

Petalele nectarifere mai sînt cunoscute și sub denumirea de *portnectarii*.

La speciile de *Aquilegia, Aconitum, Pelargonium, Orchis, Linaria, Tropaeolum*, țesutul nectarifer, este localizat în prelungiri ale petalelor în formă de pinteni (numite pinteni nectariferi).

**Discuri nectarifere.** Se diferențiază pe receptacul între baza sepalelor și a petalelor (*Capparis* sp., *Reseda* sp.); între petale și ovar (*Grevillea* sp.); la baza staminelor (*Sinapis nigra, Polygonatum* sp. ș.a.); în jurul ovarului (*Citrus* sp., *Vitis vinifera*); între stamine și baza ovarului (*Robinia* sp., *Prunus* sp., *Rubus* sp., *Cydonia* sp.), între stamine și stile (*Eucalyptus* sp., *Campanulaceae, Cucurbitaceae, Dipsacaceae*) (fig. 82).

**Stamine nectarifere.** Țesutul secretor se poate diferența pe filamentele staminelor (*Colchicum* sp., *Dianthus* sp., *Silene* sp.), în tubul staminal (*Fabaceae*); sau pe apendicii conectivului (*Viola* sp., *Asclepias* sp., *Cinnamomum* sp.).

**Ovare nectarifere.** În acest caz structurile secretoare se diferențiază pe suprafața carpelelor libere (*Sarracenia* sp., *Tofieldia palustris*); la baza ovarului (*Gentiana* sp.); în spațiile dintre carpele (*Liliaceae, Musaceae, Euphorbiaceae, Amaryllidaceae, Iridaceae* ș.a.).

**Stile nectarifere** se întîlnesc la reprezentanți ai familiilor *Umbelliferae, Compositae* ș.a.; nectariile se diferențiază la baza stilului și stilodiului sau numai la baza stilului (*Helianthus* sp., *Senecio* sp., *Calendula* sp. ș.a.).

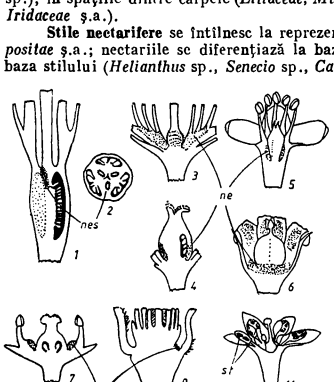



Fig. 82. Nectariile și dispoziția lor în floare:
*1 — Narcissus* sp. *2 — Gladiolus* sp.: *3 — Thea* sp.; *4 — Enyra* sp.; *5 — Cocceloba* sp.; *6 — Jatropha* sp.; *7 — Perrotetia sp.; 8— Mastixia* sp.; *9 — Corchorus* sp.; *10 — Prunus* sp.; *11 — Cinnamomum* sp.; *12 — Linum* sp.; *ne* — nectarii; *nes* — nectarii septale; *st* — staminodii (d. K. Esau).

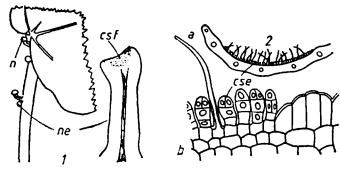



Fig. 83. Nectarii extraflorale:
*1 — Passiflora coerulea; 2 — Vicia sepium: a* — secțiune printr-o stipelă; *b* — sector mărit: *cse* — celule secretoare epidermice; *csf* — celule secretoare cu fosfatază; *n* — nectar; *ne* — nectarii (d. K. Esau și I. Grințescu).

**Nectarii extraflorale** se găsesc la *Lonicera japonica* și se diferențiază în interiorul tubului corolei sau la baza sepalelor la *Corchorus* sp.

**Nectarii extraflorale**. Sînt structuri secretoare de nectar ce se diferențiază la baza frunzei (pe stipele sau pe pețioluri) și se prezintă sub formă de proeminențe, uneori înelare sau sub formă de trihomi.

La *Cerasus avium*, nectariile se diferențiază la baza pețiolului sub formă de două proeminențe. În aceste nectarii pătrund ramificații ale țesutului conducător atît lemnos cît și liberian.

La *Passiflora coerulea* se găsește țesut nectarifer dispus de-a lungul pețiolului ca formațiuni digitiforme, vascularizate a căror parte terminală este alcătuită din țesut nectarifer, format din epidermă și cîteva straturi subepidermale.

La *Vicia septum*, țesutul nectarifer se diferențiază pe stipele sub forma de trihomi pluricelulari, multiseriați, scurți ce se găsesc printre perii simpli subulați (fig. 83).

**Țesutul secretor intern**. Se prezintă sub formă de celule izolate, spații secretoare (cavități și canale) și celule sau fuziuni celulare producătoare de latex.

**Celulele secretoare izolate**. Se diferențiază din celulele parenchimului fundamental și secretă diferite substanțe ca: uleiuri esențiale, balsamuri, rezine, tanin, mucilagii, gume, cristale etc. Aceste celule se deosebesc de celulele parenchimatice, prin peretele celular și îndeosebi prin forma lor (izodiametrică, alungite, în formă de saculi sau tubuli simpli sau ramificați); aceste celule se mai numesc și *idioblaste*.

Celulele secretoare izolate se diferențiază atît în organele vegetative cît și în cele reproducătoare. Cele mai frecvente sînt celulele secretoare de uleiuri esențiale (oleifere). Acestea sînt sferice au peretele îngroșat și uneori stratul cel mai intern suberificat.

La *Laurus nobilis*, în mezofil se diferențiază numeroase celule sferice, cu peretele celular îngroșat (fig. 84).

Uleiurile esențiale, au miros plăcut, de obicei gust amar, sînt antiseptice, unele diuretice, iritante sau expectorante. Plantele respective sînt utilizate ca medicinale. Astfel sînt folosite fructele de la *Umbelliferae*, frunzele de *Thymus* sp., *Mentha* sp., *Lavandula* sp., inflorescențele de la *Matricaria chamomilla, Chrysanthemum vulgare, Artemisia absinthium* etc.

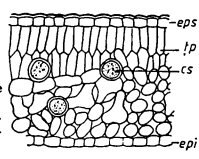



Fig. 84. Secțiune transversală prin lamina frunzei de *Laurus nobilis*:
*cs* — celule secretoare izolate; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *țp* — țesut palisadic; (d.I. Grințescu).

Alte părți de plante ce conțin celule secretoare izolate sînt folosite drept condimente: fructele de la speciile de *Piper*, frunzele de la *Laurus nobilis*, scoarța de la *Cinnamomum zeylanicum* (arborele de scorțișoară).

Celulele secretoare de uleiuri esențiale sînt caracteristice pentru unii reprezentanți ai familiilor: *Aristolochiaceae*, *Cucurbitaceae*, *Umbelliferae* etc.

Celulele oxalifere sau cristalifere sînt de asemenea considerate idioblaste secretoare. Cristalele pot să apară în celulele parenchimatice nediferențiate sau în celule puternic modificate numite *litociste* (*Ficus* sp., *Vitis vinifera* ș.a.). Celulele în care se formează cristale își pierd treptat vitalitatea. În cazul cînd rămîn vii, cristalul sau cristalele sînt izolate de partea vie a celulei printr-o peliculă citoplasmatică fină.

**Spații secretoare**. Aceste formațiuni secretoare se diferențiază schizogen sau lisigen, sau mai frecvent schizo-lizigen. Spațiile secretoare se pot diferenția în orice parte a plantei. Ele sînt delimitate de un strat de celule secretoare ce alcătuiesc un epiteliu. Celulele secretoare produc diferite substanțe ce difuzează prin peretele celular și se acumulează în aceste spații (uleiuri esențiale sau volatile, balsamuri vîscoase, rezine, gumo-rezine, latex, gume sau mucilagii).

După forma lor spațiile secretoare se împart în: *cavități secretoare* și *canale secretoare*.

**Cavități secretoare**. Sînt cunoscute și sub denumirea de buzunare secretoare. Sînt aproape sferice și se diferențiază la unii reprezentanți ai familiilor *Rutaceae* (*Citrus* sp., *Ruta* sp.), *Myrtaceae* (*Myrtus* sp., *Eucalyptus* sp.); *Umbelliferae* ș.a. Aceste formațiuni apar mai frecvent în mezofil și pericarp.

La speciile genului *Citrus*, cavitățile secretoare se diferențiază în mezofil și în pericarp. Cavitățile secretoare ale pericarpului sînt de origine epidermală. O celulă epidermală se divide succesiv în sens radiar și tangențial formînd un număr mare de celule între care se formează schizo-lisigen un spațiu căptușit de celule secretoare (fig. 85). Aceste celule produc uleiuri ce difuzează prin peretele celular și se acumulează în cavitate. Uleiurile eterice se pun în libertate prin ruperea țesuturilor.

**Canalele secretoare** sînt formațiuni tubuloase, lungi, ce străbat organul în care se diferențiază (frunze, axe). Ele se diferențiază schizogen și caracterizează un număr de plante ce aparțin familiilor: *Taxaceae*, *Abietaceae*, *Burseraceae*, *Anacardiaceae*, *Umbelliferae* ș.a. Celulele secretoare ce delimitează canalul produc, în cele mai multe cazuri rezine (oleo-rezine), gume (*Cycadaceae*), uleiuri esențiale (*Umbelliferae*), latex (*Cactaceae*) ș.a.

În frunzele de *Picea abies* sau *Pinus* sp., se formează canale secretoare de lungimea frunzelor. În stadiile tinere de diferențiere a frunzei, locul în care va apare un canal este demarcat de o celulă mezofilară mare, lipsită de cloroplaste respectiv de un șir de celule ce străbat lungimea frunzei. Această celulă se divide în două, apoi în patru celule între care va apare un spațiu intercelular (în care se acumulează

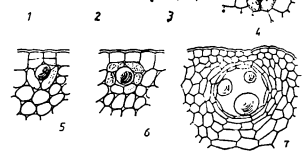



Fig. 85. Stadii în diferențierea unei cavități secretoare din pericarp la *Citrus aurantium*: 1—6 — stadii succesive; 7 — cavitate secretoare gata formată) (d. I. Grințescu).

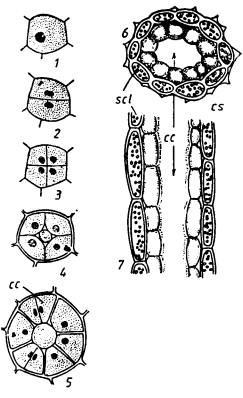



Fig. 86. Stadii în diferențierea unui canal rezinifer:
*1—5 — Pinus sylvestris; 6—7 — Picea abies:*
*cc — canal colector; cs — celule secretoare;*
*scl — celule sclerenchimatice (d.I. Grințescu).*

oleo-rezinele secretate). Aceste celule se vor divide în continuare și astfel vor forma 10—12 celule secretoare care căptușesc canalul. Același fenomen are loc în toate celulele șirului longitudinal, luînd naștere canalul secretor (fig. 86). Canalele secretoare diferențiate în mezofil au la exterior un strat de celule sclerenchimatice (mecanice) ce protejează țesutul secretor.

La unele *Cactaceae* canalele secretoare se formează pe cale lisigenă. La *Mammillaria*, se diferențiază din cordoane de celule masive, interne. Celulele din centrul acestor cordoane se lichefiază apărînd astfel lumenul canalului în care se va acumula latexul produs de celulele secretoare ce căptușesc canalul și care s-au diferențiat din celulele periferice ale cordoanelor celulare masive.

Originea canalelor secretoare este foarte diferită. Astfel, la composite, canalele oleifere se diferențiază din celule ale endodermei; la *Umbelliferae* și *Araliaceae* apar din procambiu (mai ales în rădăcină); la *Anacardiaceae* și *Burseraceae* din celulele leptomului. La *Guttiferae* și *Araceae* din celulele scoarței primare și ale scoarței secundare. Mai rar acestea se diferențiază din hadrom, așa cum sînt cele de la *Abietaceae*.

**Laticiferele**. Sînt structuri secretoare unicelulare sau serii de celule fuzionate, tubuloase, care străbat diferite țesuturi din corpul plantei; ele conțin un lichid numit *latex*.

Laticiferele sînt elemente vii, conțin citoplasmă dispusă parietal, nuclee și o vacuolă centrală cu latex. Cînd laticiferele sînt unicelulare se numesc nearticulate sau simple; ele sînt cenocitice, ca urmare a diviziunii libere a nucleelor. Cînd laticiferele sînt alcătuite din mai multe celule dispuse cap la cap, fără pereți despărțitori se numesc *articulate* sau *compuse*; și acestea sînt polinucleate, dar nucleele provin nu din multiplicarea lor ci în urma fuzionării celulelor.

Pereții laticiferelor pot fi subțiri, celulozici, sau îngroșați și în acest caz conțin celuloză, substanțe pectice, hemiceluloze și apă. La *Hevea* (arborele de cauciuc) în pereții laticiferelor a fost pusă în evidență și caloză.



©RedAbris 2013

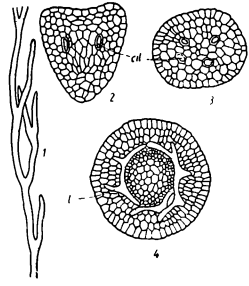



Fig. 87. Laticifere:
*1* — laticifer ramificat, nearticulat (*Euphorbia* sp.): *2—4* — diferențierea laticiferelor *Euphorbia exigua*): *cil* — celule inițiale ale laticiferelor în embrion (în secțiune longitudinală și transversală); *1* — laticifere cu început de ramificare (în secțiune transversală prin tulpină) (d.I. Grințescu).

Laticiferele variază mult ca structură și latexul în compoziție. Latexul se poate produce în celule parenchimatice (*Parthenium argentatum*); în sisteme de tuburi ramificate (*Euphorbia* sp.) sau sisteme tubulare articulate anastomozate (*Hevea* sp.).

Din punct de vedere structural laticiferele se împart în două grupe: *laticifere nearticulate* și *laticifere articulate*.

— *Laticiferele nearticulate* sînt formațiuni secretoare tubulare unicelulare, simple (*Vinca* sp., *Urtica* sp., *Cannabis* sp. ș.a.) sau ramificate (*Euphorbia* sp., *Asclepias* sp., *Cryptostegia* sp., *Nerium oleander*., *Ficus* sp., *Maclura* sp. ș.a.) (fig. 87).

— *Laticiferele articulate* sînt structuri secretoare alcătuite din fuziuni celulare, la care pereții despărțitori se perforează sau se resorb complet. Ele se aseamănă cu vasele conducătoare lemnoase, de aceea se mai numesc și vase laticifere.

Laticiferele articulate formate din lanțuri de celule lungi nelegate între ele lateral se numesc *laticifere articulate neanastomozate* (*Ipomoea* sp., *Convolvulus* sp., *Chelidonium* sp., *Achras sapota*, *Allium* sp., *Musa* sp.) (fig. 88).

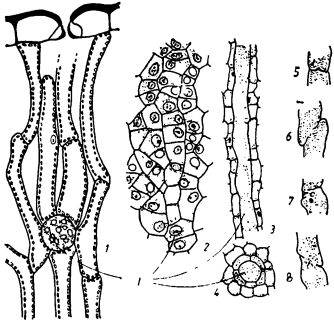



Fig. 88. Laticifere articulate:
*1 — Allium cepa* — secțiune într-o frunză tînără; *2—8 — Achras sapota* — stadii din dezvoltarea laticiferelor: *1* — laticifere (d. K. Esau).



BibliotecaAgronomie.ro 2013

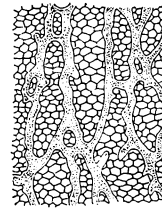


Fig. 89. Laticifere nearticulate anastomozate la *Taraxacum officinale* (d. I. Grințescu).

Laticiferele articulate alcătuite din tuburi legate (anastomozate) cu tuburile similare se numesc *laticifere articulate anastomozate* (*Cichorium* sp., *Lactuca* sp., *Scorzonera* sp., *Sochus* sp., *Taraxacum* sp., *Tragopogon* sp., *Campanulaceae*, *Carica papaya*, *Papaver* sp., *Argemone* sp., *Hevea* sp., *Manihot* ș.a., fig. 89). Reiese că tipul de element laticifer nu este constant într-o familie dată. Structurile secretoare de latex sînt foarte răspîndite. Se cunosc cca 12 500 specii de plante laticifere; numai o singură specie dintre pteridofite (*Regnellidium diphyllum*). Latexul este o substanță complexă alcătuită dintr-un matrix lichid cu minuscule particule anorganice și organice în suspensie: hidrați de carbon, acizi organici, săruri, alcaloizi, steroli, grăsimi, taninuri și mucilagii. Particulele dispersate aparțin hidraților de carbon sau terpenelor printre care citäm: uleiuri esențiale, balsamuri, rezine, camfor, carotenoizi și cauciuc.

Latexul cel mai bine cunoscut este cel al diferitelor plante producătoare de cauciuc. Se cunosc cca 1 800 specii de dicotiledonate ce conțin latex cu cauciuc, dar puține produc cauciuc pur și în cantitate suficientă, care să le confere valoare industrială; la *Hevea* sp., cauciucul reprezintă 40—50% din latex.

Latexul poate să fie incolor (*Morus* sp., *Nerium oleander*); lăptos (*Asclepias* sp., *Euphorbia* sp., *Ficus* sp., *Lactuca* sp., *Periploca graeca*, ș.a.); galben-brun (*Cannabis* sp.) sau galben-portocaliu (*Papaveraceae*).

**Dezvoltarea laticiferelor**. Laticiferele nearticulate ramificate de la euforbiacee, asclepiadacee și apocinacee apar în timpul dezvoltării embrionului, odată cu apariția primordiilor cotiledoanelor, sub forma unor celule (primordii) ceva mai mari și cu conținutul celular mai refringent și se găsesc în partea periferială a viitorului cilindru central. Primordiile pot fi în număr limitat (patru sau patru perechi) sau numeroase și dispuse circular. În embrionul de la *Nerium* se găsesc 38 perechi de primordii de laticifere. Cînd sămînța este matură, embrionul conține un sistem de tuburi laticifere distribuite caracteristic.

La germinarea seminței și diferențierea plantulei, laticiferele cresc prin apexul lor continuu, intrusiv, ținînd pas cu creșterea celorlalte țesuturi, printre celulele cărora se diferențiază, astfel încît în planta matură se vor găsi laticifere în toate organele și ramificațiile acestora.

În timpul dezvoltării laticiferelor nearticulate, nucleele lor se divid în mod repetat, activînd creșterea părților distale care sînt prevăzute cu citoplasmă și nuclee. Dacă plantele produc țesuturi secundare, laticiferele nearticulate pătrund și printre acestea.

De asemenea, laticiferele pătrund și în rădăcinile și ramurile adventive formate în locurile secționate străbătînd calusul ce se formează în acest caz și în cazul grefelor.



CarteAdmin 2013

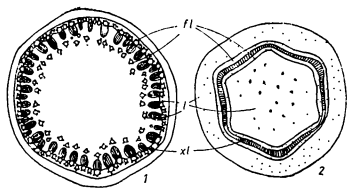



Fig. 90. Dispoziția laticiferelor în tulpină:
1 — *Lactuca serriola* — laticifere asociate cu floemul extern și intern; 2 — *Nerium oleander* — laticifere nearticulate dispuse în toate țesuturile, inclusiv în xilem: *fl* — floem; *l* — laticifere; *xl* — xilem (d.K. Esau).

Laticiferele articulate se diferențiază din primordii alcătuite din șiruri longitudinale de celule ce se găsesc în hipocotilul și cotiledoanele embrionului din sămînța matură. În timpul germinării seminței, pereții despărțitori ai acestor celule se resorb luînd astfel naștere laticiferele articulate tubuloase.

Între laticiferele articulate se formează anastomoze, fie prin transformarea celulelor parenchimatice învecinate în laticifere prin resorbția pereților comuni, fie prin formarea de protuberanțe ale laticiferelor care fuzionează. Astfel, se formează laticiferele articulate anastomozate asemănătoare unei rețele.

**Răspîndirea în corpul plantelor.** Laticifere se pot găsi în toate organele plantelor vegetative și reproducătoare, cel mai adesea sînt asociate cu floemul (fig. 90).

*Laticiferele nearticulate ramificate* de la *Euphorbia* sp., sînt localizate în mod obișnuit în partea externă a cilindrului central de unde se extind ramificații în cortex (ce ajung la epidermă) și uneori în măduvă. Părțile terminale ale ramificațiilor laticiferelor sînt din ce în ce mai înguste.

La unele *Apocynaceae, Asclepiadaceae* și *Moraceae* laticiferele sînt dispersate printre diferite țesuturi, inclusiv cel vascular. Se găsesc laticifere și în frunze, ele însoțesc țesutul conducător, se ramifică în mezofil, străbat epiderma și pot continua să crească între celulele epidermale și cuticulă.

La *Vinca* sp., și *Cannabis* sp., se găsesc laticifere nearticulate neramificate numai în floemul primar.

*Laticiferele articulate* sînt în mod frecvent asociate cu floemul.

În corpul secundar, laticiferele se găsesc în interiorul floemului secundar și se diferențiază din derivatele cambiale ca straturi concentrice de parenchim liberian ce alternează cu straturi ce conțin tuburi ciuruite și laticifere. Toate aceste elemente sînt legate prin anastomoze alcătuind o rețea.

La *Hevea* sp., sistemul secretor producător de cauciuc este un sistem secundar, diferențiindu-se în floemul secundar.

La *Papaver somniferum*, în fruct, laticiferele se găsesc la început în floem, apoi se dezvoltă foarte mult în mezocarp la cca 2 săptămîni de la căderea petalelor, moment în care sînt recoltate pentru extracția comercială a opiului.

La monocotiledonate laticiferele sînt asociate cu țesutul vascular, dar se găsesc și în cortex (*Musa*). La *Allium* sp., laticiferele nu sînt asociate cu țesutul vascular și ele se diferențiază pe fața abaxială a frunzelor, între straturile 2 și 3 ale parenchimului sub formă de șiruri longitudinale paralele cu epiderma. Celulele ce alcătuiesc aceste laticifere sînt alungite și au pereții terminali ciuruiți.

Importanța laticiferelor în viața plantelor nu a fost încă elucidată. Astfel primii cercetători au atribuit sistemului de laticifere rol circulator, vital, comparîndu-l cu cel circulator de la animale. Una dintre cele mai comune păreri a fost aceea a rolului laticiferelor în conducerea substanțelor nutritive, bazată pe poziția acestui țesut în corpul plantei și pe conținutul bogat în materii de rezervă. Lati-



CarteAgro 2013

ciferele au fost descrise, de asemenea, ca elemente care stochează substanțe de rezervă hrănitoare; latexul ca agent de transport al oxigenului sau ca material utilizat de plantă pentru protecția împotriva animalelor.

Cea mai răspîndită accepțiune a rolului laticiferelor este aceea că formează un sistem secretor. Terpenele, inclusiv cauciucul și rezinele, produse ale metabolismului nu mai sînt folosite în metabolismul celular. Terpenele înalt polimerizate (cauciucul) sînt incapabile să traverseze peretele celular și în acest caz laticiferele sînt interpretate ca depozite pentru aceste substanțe de excreție.

CAPITOLUL III

# 3. ORGANOGRAFIA

Corpul traheofitelor (gr. *tracheia* = trahee; *phyton-*) este alcătuit dintr-un complex de celule, în majoritate diferențiate, rezultat în urma evoluției și specializării. Specializarea celulelor pentru îndeplinirea anumitor funcții s-a realizat prin diferențieri morfologice și fiziologice ale diferitelor părți ale corpului plantei. Acest proces s-a finalizat cu formarea organelor vegetative. Organografia (gr. *organon* = organ; *grapho* = a scrie) se ocupă cu descrierea organelor vegetative.

Un organ vegetativ este o parte diferențiată a corpului (organismului) unei plante, alcătuit din mai multe țesuturi care asigură viața plantei ca individ.

Corpul unei traheofite este alcătuit din 3 organe vegetative: rădăcină, tulpina și frunza. Un astfel de corp vegetativ poartă numele de *corm*, iar plantele respective de *Cormofite* (gr. *cormos* = trunchi, tulpină; *phyton-*).

Unele plante au cormul alcătuit numai din țesuturi primare (cel puțin în primele etape ontogenetice) rezultate din meristemele primare; aceste plante au un corp primar și o structură primară. La alte plante, în și din țesuturile primare se formează meristeme secundare care generează țesuturi secundare ce conduc la creșterea în grosime a organelor vegetative; aceste plante au un *corp secundar* cu o *structură secundară*.

## 3.1. Rădăcina (Radix)

Rădăcina este unul dintre cele trei organe vegetative ale cormofitelor, care îndeplinește două funcții principale: de fixare a plantei în sol și de absorbție a apei și sărurilor minerale. Dar rădăcina poate îndeplini și alte funcții: depozitare a materiilor de rezervă, regenerare, înmulțire ș.a.

Rădăcina care se dezvoltă din radicula sau rădăciniță embrionului, se numește rădăcină principală. Ea apare fie ca un organ lateral al embrionului (pteridofite), fie în prelungirea tulpiniței (spermatofite). De regulă are formă cilindrică, sinetrie radiară și crește vertical, dar spre deosebire de tulpină are un geotropism pozitiv.

Ramificațiile rădăcinii principale se numesc *radicele* sau rădăcini laterale (sau secundare).

Morfologic, baza rădăcinii se confundă cu baza tulpinii, dar din punct de vedere anatomic între ele se distinge o zonă de trecere mai scurtă sau mai lungă, numită *colet* (fr. *collet* = gît) (fig. 91).

După originea și funcțiile lor, rădăcinile pot fi grupate în 3 categorii:

1. *rădăcini normale* — care se dezvoltă din radicula embrionului și îndeplinesc cele două funcții specifice. Baza lor se racordează cu baza tulpinii;



Digitized by Arhiva Digitală 2019

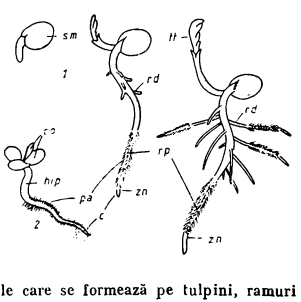



Fig. 91. Dezvoltarea rădăcinii:
*1 — Pisum sativum; 2 —* alcătuirea plantulei de *Sinapis alba: c* — căliptră: *co* — cotiledon: *hip* — hipocotil: *pa* — peri absorbanți: *rd* — radicele; *rp* — rădăcina principală; *sm* — sămînță; *tt* — tulpină tînără; *zn* — zonă netedă (d.G. Șerbănescu „și C. Toma, I.T. Tarnavschi și colab.).

2. *rădăcini adventive* — sînt rădăcinile care se formează pe tulpini, ramuri sau frunze;

3. *rădăcini metamorfozate* — care s-au adaptat la alte funcții decît cele specifice, modificîndu-și forma și structura, corespunzător noilor funcții.

## 3.1.1. Morfologia rădăcinii

Examinînd cu atenție rădăcina unei plantule tinere, vom distinge 4 zone sau regiuni morfologice:

1. vîrful vegetativ
2. zona netedă
3. zona piliferă
4. zona aspră

1. **Vîrful vegetativ** sau conul vegetativ al rădăcinii (cca 260 μm lungime) este ocupat de una sau mai multe celule inițiale și de meristemele derivate din ele. Este zona în care celulele se înmulțesc prin diviziune mitotică din care cauză are caracter tipic meristematic. Examinînd mai atent vîrful vegetativ al unei rădăcini, vom observa piloriza cunoscută și sub numele de *caliptră* sau *scufie* (gr. *pilos* = pîslă, pălărie; *rhiza-*). Este o formațiune care acoperă și protejază vîrful delicat al rădăcinii. Este mai groasă în dreptul vîrfului rădăcinii cu care este și concrescută și mai subțire pe margini. Datorită frecării de sol, în timpul creșterii rădăcinii piloriza se uzează și se reface repede pe măsură ce rădăcina pătrunde în pămînt. Dimensiunile pilorizei variază în cadrul diferitelor grupuri de cormofite. De regulă este mai mare la rădăcinile aeriene și lipsește la plante parazite precum și la unele plante autotrofe: *Aesculus hippocastanum*, *Trapa natans*, la bromeliacee epifite etc.; la *Pandanus*, piloriza este multiplă.

La unele plante acvatice piloriza este substituită de o formațiune mult mai lungă (vizibilă cu lupa), în forma unui deget de mănușă, numită *rizomitra* (gr. *rhiza*; *mitra* = scufie) de altă origine de cît piloriza (fig. 92).

2. **Zona netedă**, urmează imediat după vîrful vegetativ pilorizic. Este foarte scurtă (5—10 mm) și corespunde zonei de creștere în lungime a rădăcinii. Celulele sale nu se mai divid, dar cresc prin întindere mărindu-și mult dimensiunile inițiale și sporind astfel forța datorită căreia rădăcina pătrunde în sol.

3. **Zona piliferă, absorbantă** sau **zona perișorilor sugători**, variază ca lungime de la cîțiva milimetri la cîțiva centimetri, în funcție de specie. Se numește ast-

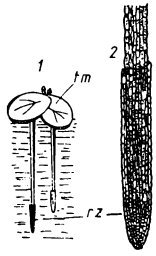



Fig. 92. *Lemna minor*:
*1* — plantă adultă: *2* — rizomitra mult mărită: *rz* — rizomitră; *tm* — tulpină metamorfozată (d. I. Grințescu).

fel deoarece întreaga zonă este acoperită de perișori absorbanți, subțiri și lungi care înconjură rădăcina ca un manșon pufos, vizibil și cu ochiul liber. Excepțional la unele specii de *Crassulaceae* (*Sedum andersoni*, *Sempervivum funkii*), perișorii sugători se formează pînă la vîrful rădăcinii, o consecință a creșterii foarte lente a rădăcinilor acestor plante (fig. 93).

Din punct de vedere anatomic, regiunea piliferă coincide cu zona de specializare a celulelor, cu formarea țesuturilor definitive primare: epiderma, numită aici rizoderma, scoarța și cilindrul central. La acest nivel, rizoderma îndeplinește, în primul rînd, un rol de absorție. Perișorii sugători cresc perpendicular pe axa rădăcinii, prin

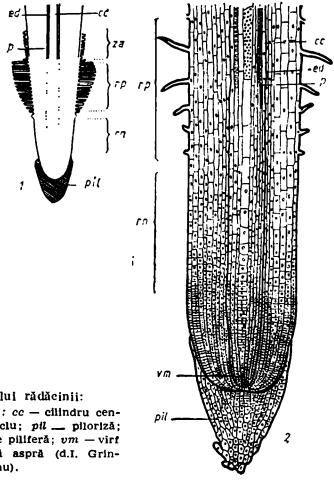



Fig. 93. Organizarea vîrfului rădăcinii:
*1* — schemă; *2* — *Hordeum vulgare*: *cc* — cilindru central; *ed* — endodermă; *p* — periciclu; *pil* — piloriză; *rn* — regiune netedă; *rp* — regiune piliferă; *vm* — vîrf vegetativ meristematic; *za* — zonă aspră (d.I. Grințescu și I. Clobanu).

alungirea celulelor rizodermice. De regulă sînt unicelulari și numai rar bicelulari (*Hymenophyllaceae*) sau pluricelulari (7–9 celule la *Salvinia natans*). Peri pluricelulari și ramificați s-au observat și la unele plante tratate cu DDT (*C. Manolache* și col. 1967).

Forma perilor sugători variază cu mediul în care se dezvoltă. Pot fi cilindrici, îndoiți, turtiți, pe alocuri dilatați și foarte rar ramificați. Forma neregulată se explică prin pătrunderea lor printre particulele de sol. Pereții lor sînt subțiri și celulozici. La exterior sînt dublați de o pătură pectică mucilaginoasă prin care se realizează un contact mai intim între părul absorbant și particulele de sol, favorizînd astfel absorbția. Nucleul se află aproape de vîrf unde citoplasma este mai abundentă. Vacuola este mare, situată central și plină cu suc celular foarte concentrat, necesar absorbției apei din sol. Rareori pereții părului se lignifică sau se subrifică. Rolul lor în absorbție este astfel diminuat, dar durata lor de viață crește de la cîteva luni la cîțiva ani. Majoritatea perilor absorbanți sînt cam de aceeași lungime. Cei din partea inferioară a regiunii pilifere sînt mai scurți și totodată cei mai tineri ca vîrstă.

Numărul perilor absorbanți este cuprins între 200—400/mm². *F. Pax.* a numărat la o rădăcină de *Pisum sativum* 230 peri pe milimetru pătrat iar *Schwartz* a găsit 425 peri pe aceeași unitate de suprafață la o rădăcină de *Zea mays*.

Formîndu-se atît pe rădăcina principală cît și pe radicele, ei prezintă o suprafață de absorbție foarte mare care poate ajunge pînă la zeci și chiar sute de metri pătrați. Or se știe că acest lucru este deosebit de important pentru procesul de absorbție. *Müller-Thurgau*, a calculat suprafața totală a perilor radicali la o plantă de *Triticum* sp. și a constatat că aceasta este de 6 ori mai mare decît suprafața tulpinii și frunzelor adunate la un loc. La o plantă de *Secale cereale* înfrățită, suprafața totală a perilor sugători este de 400 m² iar lungimea lor de 1000 km. În general s-a observat că perii absorbanți sînt mai numeroși la plantele ierboase decît la cele lemnoase.

Perișorii absorbanți cresc foarte repede dar se și uzează ușor datorită umidității prea mari sau uscăciunii solului ca și activității lor intense. După o viață scurtă de 10—20 de zile, ei mor și sînt înlocuiți cu alții noi. Pe măsură ce la extremitatea superioară a regiunii pilifere perii se usucă și cad în partea inferioară a zonei apar peri noi așa încît lungimea manșonului de perișori rămîne constantă. Stratul pilifer este încontinuu reînoit. Se cunosc și cazuri cînd viața perișorilor absorbanți este mai lungă, depășind mult durata obișnuită: pînă la 10 săptămîni la *Triticum* sp. sau cîțiva ani la *Gleditsia triacanthos, Gymnocladus dioica* ș.a.

Funcția principală a perișorilor radicali, este de a absorbi apa cu sărurile minerale din substrat. Dar ei îndeplinesc totodată și un rol de fixare a plantei în sol. Acest fapt se poate demonstra ușor dacă smulgem cu grijă o plantulă de *Sinapis alba* cultivată în nisip sau sol afînat. Vom observa că perișorii antrenează cu ei un volum apreciabil de sol.

Formarea perilor sugători este determinată într-o anumită măsură și de condițiile de mediu în care trăiește planta. Așa de exemplu la plantele acvatice rădăcinile sînt lipsite în general de peri sugători. Fiind scufundate în apă, absorbția apei și sărurilor minerale se realizează pe toată suprafața lor (fig. 94).

La multe plante acvatice s-a observat că nu toate celulele rizodermei dau naștere la peri absorbanți. La *Sagittaria sagittifolia* se transformă în peri sugători numai celulele scurte iar la *Hydrocharis morsus-ranae* numai cele lungi.

La *Juncaceae* perișorii sugători sînt totdeauna grupați cîte doi corespunzător originii lor. La unele specii de *Lycopodium* se grupează cîte 2—4 iar la *Azolla*, perișorii sînt reuniți în tufe.



©Bcucluj.ro 2019

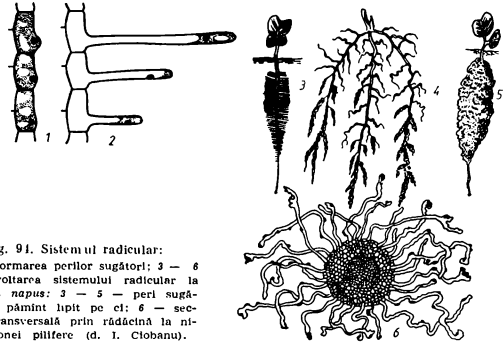



Fig. 91. Sistemul radicular:
*1 — 2* formarea perilor sugători; *3 — 6* — dezvoltarea sistemului radicular la *Brassica napus*: *3 — 5* — peri sugători cu pămînt lipit pe ei; *6* — secțiune transversală prin rădăcină la nivelul zonei pilifere (d. I. Ciobanu).

La plantele terestre prezența perilor absorbanți este un caracter constant, rădăcinile au aproape întotdeauna peri radicali. Experiențele arată că perii nu se mai formează cînd aceste plante sînt cultivate în apă (*Hyacinthus*, *Allium* ș.a.).

Perișorii sugători lipsesc la multe plante tropicale epifite din familia *Orchidaceae*, *Araceae*, la care sînt înlocuiți de un țesut absorbant care înconjură rădăcina, numit *velamen radicum*. Ei nu se formează nici la plantele micorizice — în acest caz rădăcinile trăiesc în simbioză cu anumite ciuperci.

Perii absorbanți se pot forma și pe alte organe decît pe rădăcini. La *Equisetum* sp., *Pteridium aquilinum* perii se află și pe rizom care are o funcție absorbantă ca și rădăcinile adventive care se formează pe el. La *Corallorhiza innata*, *Psilotum triquetrum* ș.a. (lipsite de rădăcini), periîse formează numai pe rizom. La *Salvinia natans* perii apar pe diviziunile frunzei submerse.

4. **Zona spră**, este ultima zonă a rădăcinii care se întinde de la zona piliferă pînă la colet. Își datorește numele pe de o parte cicatricelor lăsate de perișorii absorbanți care au căzut, iar pe de altă parte suberificării celulelor din primele straturi ale scoarței (cutis) care-i conferă și o culoare brunie. În această zonă rădăcina prezintă o structură primară tipică din care lipsește însă rizoderma care s-a exfoliat. Rolul de țesut protector revine aici exodermei suberificate.

Toate aceste zone pe care le-am descris în vîrful rădăcinii principale, le regăsim și în vîrful radicelelor.

**Culoarea rădăcinii.** Rădăcinile tinere sînt de regulă incolore pe cînd cele bătrîne sînt galbene sau brune din cauza cutis-ului sau al peridermei. Rădăcinile plantelor acvatice (*Lemna* sp. ș.a.) și ale unor plante epifite sînt verzi datorită cloroplastelor pe care le conțin. Culoarea alb-argintie a unor rădăcini aeriene (*Stanhopea tigrina*) se datorește rizodermei plină cu aer.

## 3.1.2. Ramificația rădăcinii

În majoritatea cazurilor rădăcina principală se ramifică; excepțiile sînt rare (*Lemna* sp.).



BCPedAlbaIulia 2013

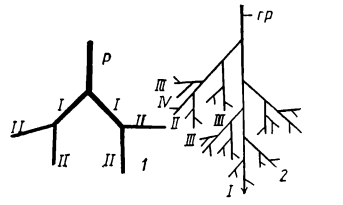



Fig. 95. Ramificația rădăcinii:
*1* — dihotomică la *Lycopodium* sp.; *2* — monopodială la spermatofite: *p* — picior; *rp* — rădăcină principală; *I—IV* — axe succesive de diferite ordine (d.I. Grințescu).

Un tip de ramificație primitiv și rar întîlnit la plantele actuale (*Lycopodium* sp., *Selaginella* sp., *Isoetes* sp.) este cel dihotomic (gr. *dichotomein* = a tăia în două). El constă într-o bifurcare repetată a vîrfului rădăcinii. Prin bifurcarea vîrfului rădăcinii principale rezultă două radicele de ordinul I care pot fi egale sau inegale ca dimensiuni. Acestea se comportă la fel dînd naștere fiecare la cîte o pereche de radicele de ordinul II ș.a.m.d. (fig. 95). Tipul de ramificație foarte răspîndit azi este cel *monopodial* (gr. *monos* = unul singur; *pus, podos* = picior). Se caracterizează printr-o axă principală care crește incontinuu prin vîrful vegetativ și pe care se formează radicele de ordinul I. Pe acestea se formează radicele de ordinul II, care la rîndul lor vor da radicele de ordinul III ș.a.m.d. Privit în ansamblu acest sistem de ramificație are forma unui con răsturnat a cărei axă este rădăcina principală. La o plantulă tînără de fasole (*Phaseolus vulgaris*) cultivată în rumeguș umed, putem observa că pe rădăcina principală — care se orientează în jos — pe verticală — se formează radicele de ordinul I dispuse în șiruri longitudinale drepte numite *ortostihuri* (gr. *orthos* = drept; *stichos* = șir). Radicelele de ordinul I formează cu rădăcina principală un unghi în general mai mic de 45°.

Deosebirea esențială între ramificația monopodială și cea dihotomică constă în aceea că în timp ce în ramificația monopodială radicelele se formează lateral, pe rădăcina principală în ramificația dihotomică, radicelele se formează, repetat, din vîrful rădăcinii principale. În ambele cazuri radicelele au aceeași structură internă ca și rădăcina principală din care se diferențiază. Cele două tipuri de ramificație se deosebesc și prin originea radicelelor care este endogenă în ramificația monopodială și exogenă în cea dihotomică.

Numărul radicelelor unei rădăcini depinde de specia și de condițiile de mediu în care trăiește planta.

Lungimea totală a unei rădăcini, adică lungimea rădăcinii principale și a tuturor radicelelor variază și ea foarte mult. Naturalistul *Clark* a calculat această dimensiune la o rădăcină de dovleac (*Cucurbita pepo*), obținînd cifra fantastică de 25 km.

### 3.1.3. Tipuri morfologice de rădăcini

Ținînd seama de raportul de mărime dintre rădăcina principală și radicele, putem deosebi 3 tipuri de rădăcini: *pivotante, fasciculate* și *rămuroase* (fig. 96).

**Rădăcini pivotante**, la care rădăcina principală este bine dezvoltată, avînd formă de țăruș sau pivot, iar radicelele sînt subțiri și scurte. Astfel de rădăcini se întîlnesc la *Phaseolus vulgaris, Lupinus* sp., *Trifolium* sp., *Medicago sativa, Brassica rapa, Capsella bursa pastoris, Gossypium* sp., *Picea abies, Pinus* sp. etc.

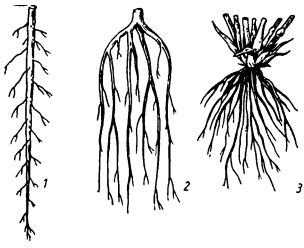


Fig. 96. Tipuri morfologice de rădăcini:
*1* — rădăcină pivotantă; *2* — rădăcină rămuroasă; *3* — rădăcină fasciculată (d.I. Grinţescu).

**Rădăcini fasciculate** sau **fibroase** caracteristice în general monocotiledonatelor. La graminee, rădăcina principală se dezvoltă foarte puţin sau deloc; ea este înlocuită cu rădăcini adventive subţiri şi lungi care se formează din nodurile tulpinale bazale. Întrucît aceste rădăcini adventive sînt numeroase şi se dezvoltă aproximativ la fel atît în lungime cît şi în grosime, întregul sistem se prezintă ca un mănunchi sau fascicul.

**Rădăcini rămuroase**. Acest tip este foarte răspîndit la majoritatea arborilor din pădurile de foioase şi la pomii fructiferi. Se caracterizează prin aceea că atît rădăcina principală cît şi radicelele de ordinul I au aproape aceleaşi dimensiuni încît nu se mai pot deosebi unele de altele. Nu rareori se întîmplă ca radicelele să întreacă în dezvoltare rădăcina principală (*Picea abies*).

Dimensiunile rădăcinilor, adîncimea la care pătrund, nivelul la care se ramifică, suprafaţa pe care se întind radicelele şi volumul de sol explorat de ele, variază de la o specie la alta şi în funcţie de o serie de factori ca: tipul de sol, umiditatea, cantitatea şi distribuţia sărurilor minerale din sol. Cu cît sistemul radial va fi mai bogat ramificat, cu atît rădăcina va putea procura mai multă hrană. De regulă rădăcina depăşeşte de 5—15 ori partea aeriană a plantei iar rădăcinile orizontale ale arborilor fructiferi depăşesc circumferinţa coroanei de 2—5 ori (fig. 97).

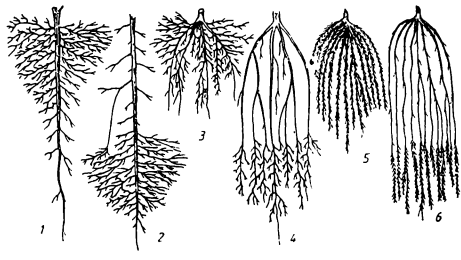
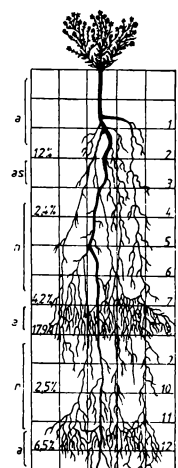


Fig. 97. Raportul dintre partea ramificată (absorbantă) şi partea neramificată (conducătoare) la diferite rădăcini:
*1, 3, 5* — radicele formate în stratul superficial al solului; *2, 4, 6* — radicele formate în profunzime (d. I. Grinţescu).



@BrezAbanie 2013

Fig. 98. Dezvoltarea sistemului radicular la *Astragalus lamberti* în funcție de umiditatea straturilor din sol
*a* — argilă; *as* — argilă cu nisip; *n* — nisip (d. I. Clobanu).




Ultimele ramificații ale rădăcinii sînt în general subțiri și servesc la absorbția substanțelor hrănitoare, de aceea se numesc și *rădăcini absorbante*. Radicelele de grad inferior sînt mai groase și mai puțin ramificate. Ele servesc la conducerea substanțelor nutritive, de unde și numele de *rădăcini conducătoare*.

S-a observat că în general rădăcinile absorbante se formează în număr mare în stratul de sol cel mai bogat în săruri nutritive, indiferent dacă acesta este superficial sau profund. La *Poaceae* rădăcinile adventive se dezvoltă și se ramifică aproape de suprafața solului. Dacă însă acest strat este sărac în substanțe hrănitoare, rădăcinile se alungesc și se ramifică la alte nivele unde găsesc hrană abundentă.

Distribuția apei cu săruri minerale în sol determină și alte deosebiri între rădăcinile absorbante și cele conducătoare. La *Fraxinus* sp., rădăcina are cîteva ramificații care se alungesc foarte mult și ocupă o suprafață mare. Ultimele radicele sînt mai puține și relativ groase. Acest tip de rădăcini corespunde unei explorări extensive a solului. La *Fagus sylvatica* în schimb, ramificația rădăcinii este foarte bogată și ocupă un spațiu relativ restrîns iar radicelele absorbante se înmulțesc foarte mult. Această formă de rădăcină corespunde unei exploatări *intensive* a substratului. În sistemul radicular al viței de vie (*Vitis vinifera*), deosebim două categorii de rădăcini: unele care cresc la suprafață, orizontal — care pot explora un volum mare de sol — și altele cu creștere verticală, care pătrund în adîncime și folosesc apa freatică.

Formarea rădăcinilor absorbante depinde și de gradul de umiditate a solului. Astfel într-un sol în care alternează orizonturi uscate cu altele umede, rădăcinile se ramifică mai mult la nivelul celor din urmă (fig. 98).

Aceeași specie poate prezenta forme diferite de rădăcini după natura solului. De exemplu *Pinus sylvestris* are rădăcină pivotantă cînd crește pe sol nisipos și rădăcini ramificate orizontal în straturile superficiale ale solului, cînd crește în soluri mlăștinoase.

**Rădăcinile adventive** se deosebesc de rădăcinile normale numai prin originea lor pentru că din punct de vedere al structurii sînt asemănătoare. Ele nu provin din radicula embrionului și nu se formează pe rădăcina principală, ci pe tulpini, ramuri sau frunze. De regulă au origine *endogenă* — se formează pe seama pericicliului ca și radicelele, dar mai pot proveni și din liberul secundar nediferențiat (*Rosa* sp.), din cambiul interfascicular (*Portulaca* sp.) sau mai rar din pericicliu și liber (*Begonia* sp.), măduva diferențiată (*Portulaca* sp.) sau parenchimul liberian (*Asperula odorata*,



©BioAlpha 2013

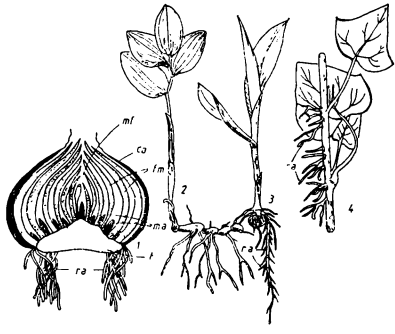



Fig. 99. Rădăcini adventive:
*1 — Allium cepa; 2 — Polygonatum officinale; 3 — Zea mays; 4 — Hedera helix: ca* — catafile; *fm* — frunze modificate; *ma* — muguri axilari; *mf* — mugure floral: *ra* — rădăcini adventive; *t* — tulpină modificată (disc) (d. V. H. Tutaiuk).

*Circaea lutetiana*, *Viola* sp. ş.a.). La ferigi, rădăcinile adventive iau naştere din *endoderm*ă.

La *Nymphaeaceae* şi la unele plante parazite şi saprofite, rădăcinile adventive au origine *mezogenă*, provin din straturile corticale externe sau chiar *exogenă*, din epiderma mugurilor sau a hipocotilului ca la unele licopodiacee şi la multe crucifere (*Rorippa austriaca*, *Cardamine pratensis*) ş.a.

Pe frunze, rădăcinile adventive au origine, fie exogenă, din epidermă, fie endogenă din parenchimul perifascicular.

Le găsim la majoritatea monocotiledonatelor la care rădăcina normală dispare foarte curînd după germinaţia seminţei şi este înlocuită cu rădăcini adventive; la *Poaceae* formează masa principală a sistemului radial. La *Orchidaceae*, embrionul nu posedă radiculă şi ca urmare rădăcinile lor se formează de la început pe tulpiniţă — deci toate rădăcinile sînt adventive (fig. 99).

Mediul în care trăiesc unele plante favorizează formarea rădăcinilor adventive. Aşa este cazul tulpinilor subterane (rizomi, bulbi).

În condiţii favorabile rădăcinile adventive se formează şi pe tulpini aeriene. Aşa este cazul la *Tradescantia* sp. ş.a., cînd vegetează într-o seră umedă şi la multe plante din regiunile tropicale cum sînt ferigile arborescente la care rădăcinile adventive coboară de-a lungul tulpinilor formînd în jurul lor un înveliş gros.

La *Helianthus annuus* rădăcinile adventive iau naştere din hipocotil, la graminee din nodul tulpinal de înfrăţire, la *Hedera helix* din tulpina supraterană, în tot lungul ei.

Uneori rădăcinile adventive se formează pe ramuri ca la *Ficus religiosa* sau se pot forma pe frunze ca la *Begonia*.

Pe tulpini rădăcinile adventive se pot forma pe locuri bine determinate sau nedeterminate la baza frunzelor sau la noduri, uneori în număr fix: cîte una în faţa unei frunze (*Philodendron* sp.), cîte două, de o parte şi de alta a peţiolului



CarteAdmin 2013

(*Saponaria officinalis*) sau mai multe la fiecare nod (*Veronica beccabunga, Zea mays Tradescantia* sp.). Uneori se formează cîte una sau mai multe la baza unui mugure (*Ficaria verna, Cardamine pratensis, Nasturtium officinale*). Sînt şi cazuri cînd aceste rădăcini se formează pe locuri nedeterminate pe tulpină aşa de exemplu pe o ramură de *Salix* sp., *Vitis vinifera, Morus* sp. ş.a. îngropate în nisip umed, sau pe tulpinile sălciilor inundate periodic, se formează rădăcini adventive.

Formarea rădăcinilor adventive poate fi provocată şi de om în scopuri practice. De exemplu prin mușuroirea porumbului sau prin tăvălugirea grîului, omul stimulează formarea acestor rădăcini. Tulpinile venind în contact cu pămîntul umed, emit rădăcini adventive care pe lîngă că asigură plantei mai multe substanţe minerale, în final o recoltă mai bună, servesc şi ca organe de fixare.

*Butăşirea* (fr. *bout* = capăt) şi *marcolajul* (fr. *marcotte* = ramură îndoită şi îngropată în pămînt cu scopul de a o face să formeze rădăcini) sînt modalităţi de înmulţire vegetativă ale unor plante în urma cărora se formează cu uşurinţă rădăcini adventive. Horticultorii aplică pe scară largă înmulţirea prin butaşi la numeroase plante ornamentale şi legumicole. Experienţele de stimulare şi grăbire a înrădăcinării butaşilor prin tratarea acestora cu substanţe de creştere — în special din grupa auxinelor — au condus la rezultate foarte bune chiar şi la plante ai căror butaşi înrădăcinează mai greu, scurtînd astfel ciclul de dezvoltare al plantelor. Atît butăşirea cît şi marcotajul se pot produce şi în mod natural.

## 3.1.4. Rădăcini metamorfozate

Pe lîngă funcţia de fixare şi absorbţie, rădăcinile mai pot îndeplini, după mediul în care trăiesc şi alte funcţii decît cele specifice. Nu rareori se întîmplă ca funcţiile esenţiale ale rădăcinii să devină secundare. Schimbarea funcţiei determină la aceste rădăcini o serie de modificări morfologice şi structurale. Procesul se numeşte *metamorfoză* iar rădăcinile care suferă aceste transformări poartă numele de *rădăcini metamorfozate* (gr. *metamorphosis* = schimbare). Ele pot proveni fie din rădăcini normale, fie din rădăcini adventive. Dintre rădăcinile metamorfozate menţionăm următoarele:

**Rădăcini contractile**. Sînt caracteristice multor geofite (gr. *ge-*; *phyton-*); (plante perene cu mugurii de regenerare la o adîncime oarecare în sol). Ele au însuşirea de a se scurta, de a se contracta — uneori pînă la jumătate din lungimea lor, după ce şi-au terminat creşterea în lungime. Această contracţie a rădăcinii se realizează prin micşorarea celulelor din scoarţa internă şi este posibilă datorită absenţei ţesuturilor mecanice din această zonă. Scoarţa externă alcătuită din elemente care nu se mai pot micşora, se încreţeşte. Rădăcinile contractile servesc fie la adîncirea în sol şi la o mai bună fixare a bulbilor şi rizomilor (*Crocus* sp., *Polygonatum* sp., *Colchicum* sp., *Scilla bifolia* ş.a.), fie la o mai bună etalare a rozetei de frunze bazale la suprafaţa solului (*Taraxacum* sp., *Plantago media* ş.a.).

La unele plante toate rădăcinile sînt contractile. La altele, cum este cazul la *Crocus sativus, Arum maculatum, Lilium martagon*, alături de rădăcinile contractile groase se găsesc şi rădăcini subţiri, normale. Acestui dimorfism i s-a dat numele de *heterorizie* (gr. *heteros* = diferit; *rhiza-*) (fig. 100).

**Rădăcini supraterane fixatoare** sau **rădăcini de ancorare**. Sînt rădăcini adventive cu care unele plante urcătoare (*Hedera helix* ş.a.) se fixează de suportul pe care se ridică continuu (arbori, pereţi stîncoşi, ziduri, garduri). Ele au însă şi rădăcini normale fixatoare şi absorbante. Un astfel de dimorfism se poate observa la *Hedera helix* la care rădăcinile absorbante (hrănitoare) lungi şi subţiri, se înfig în sol şi au ca funcţie principală absorbţia şi fixarea plantei. Cînd planta se urcă pe un suport

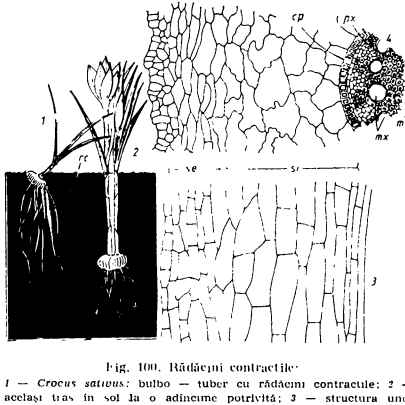



Fig. 100. Rădăcini contractile:
*1 — Crocus sativus*: bulbo — tuber cu rădăcini contractile; *2* — același tras în sol la o adîncime potrivită; *3* — structura unei rădăcini contractile de *Gladiolus* sp. în secțiune longitudinală; *4* — secțiune transversală: *cp* — celulă de pasaj; *m* — măduvă; *mx* — metaxilem; *px* — protoxilem; *rc* — rădăcini contractile; *se* — scoarță externă; *si* — scoarță internă (d. I. Grințescu, I. T. Tarnavschi și colab.).

se formează rădăcini fixatoare sau agățătoare care sînt mai scurte, cu extremitatea dilatată în formă de disc sau ventuză și cu stereomul bine dezvoltat, cu ajutorul cărora planta se fixează de suportul pe care se ridică. Cilindrul central al acestor rădăcini este foarte sclerificat.

Vanilia (*Vanilla planifolia*) o plantă tropicală urcătoare prezintă și ea un dimorfism asemănător celui de la iederă, cu deosebirea că aici rădăcinile adventive supraterane se comportă întocmai ca niște circei.

Rădăcinile supraterane fixatoare există și la unele aroidee tropicale epifite. La unele specii de *Bignonia* și *Cereus* rădăcinile fixatoare sînt mult ramificate; ele acoperă scoarța arborilor suport ca o rețea densă. La *Phalaenopsis schilleriana* (*Orchidaceae*), rădăcinile fixatoare au formă de benzi care concresc cu scoarța arborilor suport.

**Rădăcini proptitoare**, sînt rădăcini adventive care se formează din ramurile unor arbori aparținînd genului *Ficus* din Indiile orientale (*Ficus religiosa*, *F. bengalensis*). La început ele sînt subțiri, dar ajungînd pe sol se îngroașă și se ramifică. Fiind numeroase ele constituie un sistem de susținere foarte puternic. Adesea se întîmplă ca baza trunchiului să putrezească iar coroana să rămînă suspendată numai pe aceste rădăcini care îndeplinesc și funcția de absorbție.

La alte specii de *Ficus* precum și la diferiți arbori tropicali (*Sterculia* sp., *Comarum* sp. ș.a.), rădăcinile adventive care se formează la baza trunchiului se lățesc și cresc ajungînd uneori la înălțimea unui om. Aceste rădăcini numite *tabulare* asigură o fixare solidă a plantei.



CărtiAzine 2013

La *Zea mays*, pe lingă rădăcinile obişnuite absorbante se formează și rădăcini aeriene proptitoare care se curbează sub forma unor arcuri şi se ramifică îndată ce ajung în sol. Cu ajutorul lor tulpina dobîndeşte o mai mare stabilitate.

Rădăcini proptitoare se mai pot observa şi la unii arbori tropicali ca *Rhizophora* sp., *Pandanus* sp., ş.a. care trăiesc în regiuni inundabile, pe marginea unor mări și oceane, unde formează asociaţii numite *mangrove*. Ele acoperă pe întinderi mari ţărmurile nisipoase și mîloase, precum și malurile de la gura fluviilor.

Tulpinile arborilor de mangrove sînt susţinute de un număr mare de rădăcini adventive care le pun la adăpostul valurilor în timpul fluxului. Văzute de la distanţă par a fi ridicate pe catalige dînd aspectul caracteristic mangrovelor.

Structura rădăcinilor proptitoare se deosebeşte de cea a rădăcinilor obişnuite deoarece ele trebuie să reziste presiunii longitudinale şi tracţiunii la care sînt supuse alternativ. Parenchimul din cilindrul central este sclerificat și formează un cordon fibrovascular care asigură rezistenţa rădăcinii la tracţiune. În ramificaţiile laterale, centrul rădăcinii este nesclerificat sau chiar lacunar adesea reprezentat de un cilindru gol care conferă plantei rezistenţă și la presiunea longitudinală.

Rădăcinile de *Pandanus* sp., au ţesuturi mecanice sub formă de cordoane periferice, de fibre sclerenchimatice, care se pot uni într-un inel. Fasciculele conducătoare conţin grupe de traheide înconjurate de fibre mecanice. La *Rhizophora* sp., la diferite specii de *Ficus*, rădăcinile ating grosimi mari datorită ţesuturilor secundare.

**Rădăcini înmagazinatoare de apă**, constituie o particularitate a multor *Orchidaceae*, *Araceae*, *Bromeliaceae* epifite din pădurile tropicale. Le găsim de asemenea la ferigile arborescente, cum ar fi cele din genurile *Todea* și *Alsophila*, la care rădăcinile aeriene sînt foarte scurte și numeroase acoperind complet tulpina suport de care se prind.

Rădăcinile înmagazinatoare de apă sînt lipsite de peri sugători; ele absorb și acumulează apa din vaporii de apă din atmosferă prin intermediul unui ţesut rezervor de apă de consistenţă spongioasă numit *velamen radicum*. El este în majoritatea cazurilor pluristratificat cu excepţia vaniliei, unde este monostratificat, alcătuit din celule poligonale izodiametrice sau alungite, lipsite de spaţii intercelulare, cu pereţi suberificaţi și prevăzuţi cu îngroșări spiralate (*Stanhopaea* sp.) sau reticulate (*Vanda* sp.) și cu pori prin care vaporii de apă din atmosferă (sau chiar apa de ploaie) sînt absorbiţi şi apoi reţinuţi în vacuolele din celule. Cînd celulele sale sînt pline cu apă rădăcina este verde datorită ţesutului cortical subiacent care conţine cloroplaste. În majoritatea cazurilor velamenul este persistent, dar poate fi și caduc la rădăcinile mai bătrîne şi la cele care pătrund în sol (*Angraecum subulatum*) (v. fig. 62).

S-a observat că la orchidaceele epifite cu frunze cărnoase cu ţesut acvifer bine dezvoltat, velamenul lipseşte, în timp ce la speciile cu frunze subţiri el este bine reprezentat și pluristratificat.

La *Oncidium*, dintre orchidee, care creşte pe ritidomul unor arbori bătrîni, rădăcinile aeriene sînt filiforme şi grupate în fascicule. La o altă orhidee *Sarcanthus* (*Vanda*) *rostratus*, rădăcinile cu ţesut acvifer sînt răzleţe, rigide, groase şi ondulate sau răsucite.

**Rădăcini asimilatoare**. O adaptare pe cît de curioasă, pe atît de rară, este aceea a unor rădăcini foliacee care conţin cloroplaste şi îndeplinesc funcţia organelor asimilatoare. Astfel la *Taeniophyllum zollingeri* şi *Polyrrhiza* sp. orchidee epifite din Jawa, rădăcinile au preluat forma și funcţia frunzei. Ele nu au stomate; schimburile gazoase realizîndu-se la nivelul unor pneumatode de tip special.

Astfel de rădăcini asimilatoare se întîlnesc şi la unele specii de podostemonacee tropicale, acvatice, adaptate aproape exclusiv la viaţa în cascade. Rădăcinile lor au formă de panglici ramificate; ele îndeplinesc atît funcţia de fixare și absorbţie cît și pe cea de asimilaţie (fig. 101).



©BIBLIOTECA 2013

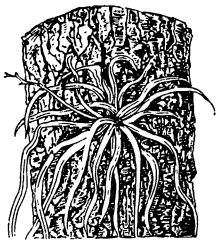


Fig. 101. *Taeniophyllum zollingheri* cu rădăcini foliacee (d. I. Grinţescu).

**Rădăcini cu pneumatofori.** Rădăcinile unor plante din regiunile tropicale şi pădurile mlăştinoase de mangrovă (*Taxodium distichum*, *Jussieua repens*, *Sonneratia alba* ş.a.), s-au adaptat la aceste terenuri în care accesul aerului se face foarte greu, prin aceea că de pe rădăcinile lor se ridică la suprafaţa solului nişte radicele cu geotropism negativ, numite *pneumatofori* (gr. *pneuma* = respiraţie; *phorea* = a purta) prin care aerul atmosferic este condus la rădăcinile afundate în nămol. În structura acestor rădăcini se remarcă un aerenchim bine dezvoltat care permite schimbul de gaze, prin intermediul unor lenticele sau *pneumatode* de tip special, formate prin dezorganizarea exodermei.

La *Sonneratia alba* pneumatoforii sînt numeroşi, au formă de ţăruşi şi pot ajunge pînă la 1 metru înălţime deasupra solului. La *Jussieua repens* pneumatoforii se formează pe rizomi orizontali (fig. 102). Graţie aerenchimului se asigură respiraţia rizomilor şi rădăcinilor fixate în nămolul mlaştinilor.

**Rădăcini simbionte.** Între rădăcinile multor plante superioare şi anumite bacterii sau ciuperci, se stabilesc relaţii de convieţuire numite *simbioze* (gr. *symbionai* = a trăi împreună), din care beneficiază ambii parteneri. Din această categorie fac parte:

a) *rădăcinile cu nodozităţi* — răspîndite mai ales la leguminoase (*Trifolium* sp., *Medicago* sp., *Lupinus* sp., *Pisum* sp., *Robinia* sp., ş.a.). Pe rădăcina acestor plante se observă mici umflături albicioase, vizibile cu ochiul liber, numite *nodozităţi*, cauzate de bacterii fixatoare de azot din genul *Rhizobium*. Formarea nodozităţilor se datoreşte înmulţirii şi creşterii celulelor parenchimului cortical, excitate de bacteriile care pătrund în aceste celule. Nodozităţile au forme, dimensiuni şi culori diferite şi se pot dezvolta atît pe rădăcina principală cît şi pe radicele (fig. 103).

Fig. 102. Rădăcini cu pneumatofori: *1 — Jussieua peruviana; 2 — Sonneratia alba* (d. I. Grinţescu).



ARHIVA 2013

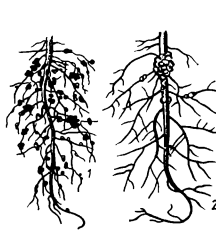



Fig. 103. Nodozități pe rădăcini:
*1 — Pisum sativum; 2 — Lupinus sp.*
(d. I. Clobanu).

Această convieţuire le procură avantagii reciproce: bacteria primeşte glucide pe care ea nu şi le poate sintetiza, iar planta verde se îmbogăţeşte în substanţe azotate derivate din azotul molecular inaccesibil ei. După moartea plantelor nodozităţile se dezorganizează şi sărurile de azot sînt redate solului de unde sînt luate apoi de plantele superioare. Experimental s-au creat simbioze între *Rhizobium* sp. şi alte plante decît leguminoase (*Triticum, Zea, Oryza* ş.a.). De asemenea s-a stabilit că există şi alte bacterii care pot fixa azotul atmosferic: *Azotobacter chroococcum, Clostridium pasteurianum* sau alge albastre-verzi ca *Nostoc* sp. ş.a.

În etapa actuală, problema fixării azotului atmosferic, prezintă o importanţă deosebită, deoarece după datele furnizate de FAO, agricultura consumă anual 40 milioane tone de azot sub formă de îngrăşămînt.

b) *plante micorizice* (gr. *mykes-*; *rhiza-*). Sînt caracteristice unor arbori şi arbuşti ca: *Fagus* sp., *Betula* sp., *Tilia* sp., *Quercus* sp., *Populus* sp., *Pinus sp., Abies alba, Picea abies, Corylus* sp. ş.a., multor *Ericaceae* şi unor plante ierboase perene. Şi în acest caz este vorba de o simbioză a rădăcinii dar nu cu bacterii ci cu hifele miceliene ale unor ciuperci. Acestea pot înveli vîrful rădăcinii ca o pîslă, cînd micoriza se numeşte *ectotrofă* sau *externă* caracteristică plantelor care trăiesc în soluri bogate în humus; sau hifele ciupercii pătrund în scoarţa rădăcinilor constituind micoriza *endotrofă* sau *internă*. La *Pinus* sp., *Picea abies* şi alte conifere, pătrunderea ciupercii în rădăcină determină formarea unor nodozităţi asemănătoare celor produse de bacterii.

La *Orchidaceae, Ericaceae, Pirolaceae,* micoriza este obligatorie, ea condiţionează dezvoltarea plantei.

Ciuperca furnizează plantei superioare apa cu sărurile minerale precum şi azotul aflat sub formă organică şi primeşte în schimb hidraţi de carbon sintetizaţi de planta verde (fig. 104).

Se pare că micoriza face posibilă o mai bună absorbţie a apei şi a sărurilor minerale din solurile sărace în aceste nutrimente. Ciupercile micorizice sînt foarte variate şi caracteristice pentru fiecare specie.

**Rădăcini tuberizate**. Sînt cele a căror funcţie principală este depozitarea unor substanţe de rezervă (amidon, inulină, alcaloizi ş.a.). Rădăcinile care se tuberizează, îşi pierd piliroiza şi încetează să mai crească; ele se încarcă cu mari cantităţi de substanţe nutritive. Ansamblul acestor modificări poartă numele de *tuberizare*. Le întîlnim la plante bienale şi perene din zona temperată.

Tuberizarea poate afecta rădăcina principală (*Daucus carota, Raphanus sativus, Armoracia rusticana, Beta vulgaris* ş.a.), radicelele (*Dahlia variabilis, Filipendula hexapetala*) sau rădăcinile adventive (*Ficaria verna*). Rădăcinile tuberizate sînt uneori greu de deosebit de formaţiunile similare provenite din tulpini metamorfozate. La *Dahlia variabilis* tuberizarea se datoreşte hipertrofiei lemnului secundar şi în-



CPedAdmin 2013

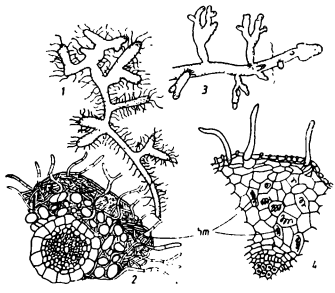



Fig. 104. Micorize:
*1, 2* — exotrofe la *Quercus* sp.; *3* — idem la *Pinus* sp.; *4* — endotrofă la *Elaeagnus angustifolia*: *hm* — hife micelienе (d. V. H. Tutaiuk).

deosebi a parenchimului lemnos în care se acumulează inulină, pe cînd la *Ficaria verna* se dezvoltă parenchimul cortical în care se depozitează amidon (fig. 105).

Interesantă este alcătuirea „tuberculilor" unor orhidee care trăiesc pe sol. Ei pot avea forme diferite: de la ovale ca la *Orchis morio*, pînă la forme ramificate — digitate — ca la *Orchis maculata*. Acestea din urmă iau naştere din mai multe rădăcini tuberizate concrescute într-un singur tubercul digitat.

Pe lîngă diferite polizaharide în rădăcinile tuberizate se poate înmagazina şi o mare cantitate de apă. Din această cauză unele dintre ele devin enorme; la *Bauhinia* sp., o cesalpiniacee din Africa de Sud, rădăcina poate atinge o greutate de 50 kg.

La orchidaceele şi aroideele epifite din pădurile tropicale apa este depozitată în ţesutul acvifer numit *velamen radicum*.

**Rădăcini cu muguri** sau **rădăcini drajonante**. Se ştie că în general rădăcinile nu formează muguri. Dintre plantele care constituie o excepţie în acest sens citäm: *Populus* sp., *Malus* sp., *Cerasus avium*, *Robinia pseudacacia*, *Tilia* sp., *Rosa* sp., *Syringa vulgaris*, *Taraxacum officinale*, *Convolvulus arvensis*, *Armoracia rusticana* ş.a.

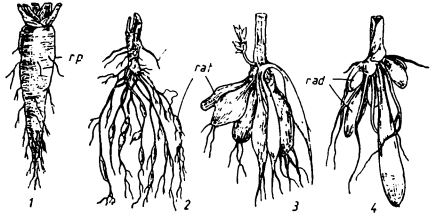



Fig. 105. Rădăcini tuberizate:
*1 — Daucus carota; 2 — Filipendula* sp.; *3 — Dahlia variabilis; 4 — Ficaria verha: rad* — rădăcini adventive tuberizate; *rp* — rădăcină principală; *rat* — radicele tuberizate (d. I. Grinţescu).

Fig. 106. *Rumex acetosella* cu muguri și lăstari radiculari (d. I. Ciobanu).

Silvicultorii și pomicultorii numesc lăstarii proveniţi din mugurii radicali *drajoni*, iar modul acesta de înmulţire, *drajonare*. (fig. 106).

Mugurii de pe rădăcina de pălămidă pot regenera planta și în cazul în care partea aeriană a acesteia a fost distrusă.

Mugurii radicali sînt de regulă de origine endogenă; ei se formează din periciclu (*Euphorbia silvatica, Linaria vulgaris* ş.a.). Mai rar sînt și de origine exogenă, în care caz se formează din scoarţă (*Geranium sanguineum*). La unele plante se formează din meristemul apical (*Rumex acetosella, Neottia nidus-avis, Ophioglossum vulgatum* ş.a.).

După rolul pe care-l îndeplinesc mugurii radicali pot fi: *adiţionali* și *reparativi*. Cei adiţionali servesc la îmbogăţirea aparatului vegetativ sau la înmulţirea pe cale vegetativă (*Populus* sp., *Malus* sp., *Cerasus avium*, *Rubus idaeus*, *Sonchus* sp., *Robinia pseudacacia* ş.a.). Mugurii reparativi au o mare însemnătate pentru conservarea individului în caz de leziuni grave. Cînd tăiem rădăcina de pălămidă, o parte rămîne în pămînt. După un anumit timp mugurii radicali vor regenera una sau mai multe tulpini aeriene.

Unele plante ornamentale a căror rădăcină formează cu ușurinţă muguri (*Aralia* sp., *Paulownia imperialis* ş.a.) se pot înmulţi pe această cale dintr-un fragment de rădăcină îngropat în nisip umed.

**Rădăcini transformate în spini.** La unii palmieri cum sînt *Acanthorrhiza* sp., *Myrmecodia echinata*, *Iriartea*; la *Moraea* sp., *Dioscorea* sp. ş.a., rădăcinile se transformă în spini și funcţionează ca organe de apărare.

11. **Rădăcini false** numite și **haustori** (lat. *haurio* = a suge). Caracterizează plantele parazite și semiparazite. Pe tulpina lor se formează niște organe speciale de absorbţie numite haustori cu ajutorul cărora absorb apa și substanţele elaborate din vasele lemnoase și liberiene ale plantei gazdă. Dintre fanerogamele parazite cităm: *Cuscuta* sp. sau torţelul care parazitează diferite plante ierboase: in, cînepă, lucernă, trifoi, bob, urzică, jaleș ş.a. (fig. 107); *Orobanche* sp. sau lupoaia, parazită pe cînepă, tutun, floarea soarelui, diferite legume ş.a; *Lathraea squamaria* sau muma pădurii, care parazitează pe rădăcinile unor esenţe lemnoase de pădure. Dintre plantele semiparazite care își procură în special apa și sărurile

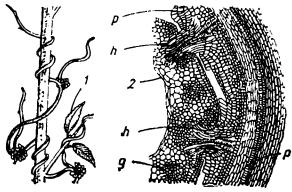



Fig. 107. Haustori la *Cuscuta europaea*: *1* — plantă parazitată de *Cuscuta*; *2* — secțiune transversală prin tulpina plantei gazdă (g) și longitudinală prin tulpina parazitului (*p*): *h* — haustori (d. I. Ciobanu).

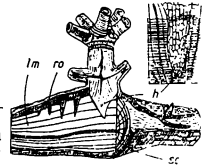



Fig. 108. Secțiune longitudinală printr-o ramură parazitată de *Viscum album*: *h* — haustori; *lm* — lemn; *ro* — rădăcini false orizontale; *sc* — scoarță (d.E. Strasburger).

minerale cu ajutorul haustorilor fac parte vîscul (*Viscum album*), care parazitează pe ramurile diferiților arbori (fig. 108).; *Loranthus europaeus* sau vîscul de stejar care parazitează în special pe speciile de stejar. Dintre semiparazitele ierboase menționăm, genurile: *Rhinanthus* sp., *Melampyrum* sp., *Euphrasia* sp., *Pedicularis* sp., *Bartsia* sp., *Tozzia* sp., *Thesium* sp. ș.a.

Unii autori consideră haustorii drept rădăcini adventive profund metamorfozate.

**Plante lipsite de rădăcini**. Adaptările la mediu au făcut ca unele plante, puține la număr să-și piardă rădăcina. La aceste plante rădăcina dispare la scurtă vreme după germinația semințelor sau nu se formează deloc. Majoritatea plantelor arizice trăiesc în apă, pe care o absorb ușor prin întreaga suprafață a organismului (*Ceratophyllum* sp., *Aldrovanda vesiculosa* ș.a.). La otrățelul de baltă (*Utricularia* sp.) absorbția se face prin frunzele filiforme iar la peștișoară (*Salvinia natans*) prin frunza puternic divizată, submersă, asemănătoare ca aspect, cu rădăcina, avînd funcție absorbantă.

La unele plante saprofite cum sînt *Corallorhiza trifida* și *Epipogium aphyllum* dintre orchidaceae, lipsite de rădăcini, absorbția este îndeplinită de rizomii acestor plante. Absorbția se realizează tot prin rizomi și la licopodiaceele din genurile *Psilotum* și *Tmesipteris*. La unele ferigi epifite din genul *Trichomanes* rădăcina este înlocuită de niște frunzulițe care absorb apa și de peri caulinari care fixează planta de substrat. Tot dintre epifite menționăm o bromeliacee tropicală, *Tillandsia usneoides* care neavînd rădăcini absorbe apa prin tulpină.

## 3.1.5. Anatomia rădăcinii

Pentru a cunoaște anatomia rădăcinii, structura sa internă, trebuie să efectuăm secțiuni transversale, longitudinale și radiale. Studiul rădăcinii comportă următoarele părți principale: *structura primară*, alcătuită din țesuturi definitive primare



CPedAdmin 2013

și *structura secundară*, formată din țesuturi definitive primare și țesuturi secundare, cu predominarea acestora din urmă.

### 3.1.5.1. Structura primară a rădăcinii și variațiile ei

Se numește primară deoarece țesuturile din care este formată își au originea în cele 4 meristeme primare: *dermatogen*, *periblem*, *plerom* și *caliptrogen* (după *Hanstein*) sau în: *protoderma*, *meristemul fundamental* și *procambiu* (după *Haberlandt*). O găsim la toate plantele în primele stadii de dezvoltare iar la pteridofite, monocotiledonate și multe dicotiledonate ierboase rămîne singura structură toată viața plantei.

Într-o secțiune transversală prin rădăcină deosebim trei zone concentrice: *rizoderma*, *scoarța* și *cilindrul central*.

**Rizoderma** (gr. *rhiza-*; *derma-*) sau *epiblemul* (gr. *epiblema-*) Este țesutul protector extern alcătuit din celule parenchimatice vii, strîns unite între ele, cu pereți subțiri, celulozici nemodificați secundar. Dacă secțiunea a trecut prin zona absorbantă, vom observa că majoritatea celulelor sale sînt transformate în perișori sugători. Se deosebește de epiderma organelor supraterane prin structură și funcție. Ea servește în primul rînd la absorbția apei cu săruri minerale și mai puțin la apărare; este lipsită de stomate.

La multe epifite tropicale, rizoderma se transformă într-un țesut acvifer numit velamen radicum.

**Scoarța** sau *cortex*. Este porțiunea dintre rizodermă și cilindrul central, de regulă pluristratificată. Grosimea ei este variabilă: la *Poaceae* este îngustă, formată numai din cîteva straturi de celule parenchimatice în timp ce la unele ranunculacee scoarța rădăcinii ia o dezvoltare considerabilă. La cele mai multe plante în scoarță deosebim 3 subzone: *exoderma*, *scoarța mijlocie* și *endoderma*.

Primul sau primele straturi ale scoarței poartă numele de **exodermă** (gr. *exo* = în afară; *derma-*). Ea este formată din celule poligonale cu pereți mai groși și ușor suberificați (suber primar) se mai numește și *cutis*, *strat suberos* sau *suberoid*. Din loc în loc, exoderma este întreruptă de celule neîngroșate, numite celule de pasaj.

Scoarța mijlocie este alcătuită din celule parenchimatice vii cu pereții celulozici și spațiii intercelulare; uneori conțin materii de rezervă și cristale minerale.

Ultimul strat al scoarței numit endodermă este de regulă unistratificat, rar bistratificat uneori cu pereții parțial sau complet lignificați sau prezintă îngroșări de suberină. În toate cazurile endoderma este întreruptă de *celule de pasaj* dispuse în dreptul fasciculelor lemnoase.

După conformația particulară a pereților celulari, putem distinge 3 faze în dezvoltarea endodermei, faze care nu se succed totdeauna la aceeași plantă;

— *endoderma primară*, care apare la începutul dezvoltării tinerei plante și prezintă îngroșări caracteristice de lignină sau suberină (benzile sau punctele lui *Caspary*). Aceste îngroșări se pot găsi uneori și în exodermă sau chiar în alte straturi ale scoarței.

— *endoderma secundară*, în care pereții celulelor sînt uniform îngroșați și impregnați cu o substanță asemănătoare suberinei, cu permeabilitate redusă. Este întreruptă de celule de pasaj, care asigură circulația sevei în sens radiar. La rădăcinile bătrîne, aceste celule lipsesc iar endoderma reprezintă un strat complet închis.

— *endoderma terțiară*, formată din celule cu pereții îngroșați și adesea lignificați. Îngroșarea pereților celulari poate fi uniformă sau inegală, conferind celulelor formă de potcoavă. În dreptul fasciculelor lemnoase se observă și aici celule de pasaj. Acest tip de endodermă caracterizează mai ales spermatofitele superioare,



Digitized by Arhiva pentru Științe 2019

xerofitele și epifitele. Nu se formează niciodată la hidrofite. La unele dicotiledonate endoderma nu suferă nici o modificare; ea se distinge doar prin conținutul său bogat în amidon, de unde și numele de *strat* (*teacă*) *amilifer*.

Scoarța poate conține laticifere (*Cichorium* sp.), celule secretoare (*Acorus* sp.) canale secretoare sau aerenchimuri, la plantele acvatice.

**Cilindrul central** sau **stelul** (gr. *stele*-). Este zona care ocupă centrul rădăcinii; numele său derivă de la forma cilindrică sau de coloană cu poziție centrală.

La exterior este delimitat de un țesut numit *periciclu* (gr. *peri* = în jur; *kyklos* = cerc), sau *strat rizogen*, deoarece din el se formează radicele, rădăcinile adventive, cambiile suplimentare. Este alcătuit dintr-un șir de celule parenchimatice mici care alternează cu celulele endodermei. În general are pereți celulozici dar uneori aceștia se pot îngroșa și chiar sclerifica (*Smilax* sp. ș.a.). La *Vitis vinifera* este pluristratificat (2—3 straturi) și mai rar poate lipsi (*Equisetum* sp.). Uneori se dedublează fie în fața fasciculelor lemnoase (*Phaseolus* sp.) fie în fața celor liberiene (*Vanilla* sp.). La conifere (*Pinus* sp., *Larix* sp. ș.a.), este pluristratificat și conține canale secretoare, dispuse în fața fasciculelor liberiene.

La unele monocotiledonate (*Carex* sp., *Scirpus* sp., *Juncus* sp., *Luzula* sp., ș.a.) periciclul este întrerupt în fața fasciculelor lemnoase iar la *Potamogeton* sp. și *Vallisneria spiralis* se întrerupe în dreptul fasciculelor liberiene.

Componenta cea mai importantă a cilindrului central este reprezentată de țesuturile conducătoare care în rădăcină formează *fascicule separate liberiene și lemnoase*, dispuse în alternanță într-un parenchim fundamental. Sensul dezvoltării vaselor în cadrul fasciculelor este centripet având deci, poziție exarhă: primele vase lemnoase apar imediat sub periciclu și formează *protoxilemul* (gr. *protos*-; *xylon*-) alcătuit din vase mici înelate și spiralate. Vasele care apar mai tîrziu, după terminarea creșterii în lungime, sînt mai largi (reticulate și punctate) și mai aproape de centrul rădăcinii; ele formează *metaxilemul* (gr. *meta*-; *xylon*-). Aceeași direcție de dezvoltare o au vasele liberiene, unde se diferențiază un *protofloem* (gr. *protos*-; *phloios*-) și un *metafloem*, dar deosebirea dintre ele este mai puțin evidentă. Elementele protofloemului care apar în vecinătatea periciclului sînt lungi și înguste, pe cînd cele ale metafloemului au lumen mai larg. La multe monocotiledonate lemnul se dezvoltă centrifugal avînd o poziție endarhă.

Pe lîngă vase, traheide și trahee, lemnul mai conține uneori și parenchim lemnos. Liberul este format din tuburi ciuruite, celule anexe (prezente numai la angiosperme) și uneori parenchim liberian.

Numărul fasciculelor conducătoare variază foarte mult de la o specie la alta și chiar în cadrul aceleiași specii. Așa de exemplu la *Beta vulgaris* rădăcina principală este diarhă iar radicelele di-, tri- sau tetrarhe.

După numărul fasciculelor lemnoase care sînt întotdeauna în număr egal cu cele liberiene, rădăcina poate fi:

— *monarhă* (gr. *monos*-; *arche* = început), cu un fascicul lemnos, ca la unele pteridofite;

— *diarhă* (gr. *dis* = doi; *arche*-) adică cu două fascicule lemnoase, așa cum se întîlnește la multe pteridofite, gimnosperme și dicotiledonate (*Cruciferae, Papaveraceae, Umbelliferae, Solanaceae, Compositae* ș.a.).

— *triarhă* — cu 3 fascicule lemnoase întîlnită la unele gimnosperme, *Fabaceae* (*Pisum sativum*, *Medicago sativa*, *Robinia pseudacacia*, *Lens culinaris*), la *Moraceae* ș.a.;

— *tetrarhă* — cu 4 fascicule lemnoase ca la multe pomoidee, leguminoase (*Phaseolus* sp., *Lupinus* sp.) și unele ranunculacee;

— *poliarhă* (gr. *polys*-; *arche*-) deci cu mai multe fascicule lemnoase ca la multe conifere, la *Quercus* sp., *Fagus* sp. și specii de *Citrus* sp. La monocotiledo-

nate numărul fasciculelor lemnoase este de regulă mai mare de 7 putînd ajunge la zeci (*Poaceae*) și chiar sute (*Pandanaceae*).

Experimental s-a constatat că o nutriție minerală mai slabă determină micșorarea numărului de fascicule la *Vicia faba*.

Parenchimul dintre fascicule poartă numele de *raze medulare primare*. Celulele lor pot avea pereți celulozici sau parțial lignificați.

Parenchimul din centrul rădăcinii formează *măduva* sau *parenchimul medular*. Dezvoltarea ei este legată de diametrul rădăcinii. De obicei la rădăcinile subțiri măduva lipsește, locul ei este luat de vasele metaxilemului care se ating în axa rădăcinii (*Liliaceae, Fabaceae, Ranunculaceae* ș.a.).

La unele rădăcini aeriene (*Hartwegia comosa*) măduva este foarte redusă și asemănătoare cu cea din tulpină. Alteori ea rămîne parenchimatoasă și ia o dezvoltare considerabilă ca la rădăcinile tuberizate ale unor liliacee (*Asphodelus* sp., *Hemerocallis* sp. ș.a.). Mai rar măduva conține canale secretoare; un canal secretor la *Abies pectinata* și mai multe canale perimedulare la *Dipterocarpus* sp.

Atît măduva cît și razele medulare pot fi sclerificate (lignificate), fiind deosebit de evidente în rădăcina monocotiledonatelor care nu formează structură secundară. Poziția centrală a elementelor de susținere constituie o adaptare avantajoasă pentru rădăcină care trebuie să reziste la tracțiune (*Iris germanica*).

Dintre variațiile de structură mai frecvente sînt următoarele:

— la unele plante (*Malvaceae*), între protofloem și metafloem se formează fibre de sclerenchim.

— la anumite monocotiledonate (*Polygonatum* sp.) unele fascicule lemnoase ajung în axa rădăcinii, la graminee, vasele metaxilemului sînt împrăștiate în parenchimul fundamental. Uneori se pot forma fascicule liberiene suplimentare printre vasele metaxilemului și în măduvă (unele bambusee și cucurbitacee).

— la *Datura* sp. și *Atropa* sp. liberul poate apare la interiorul fasciculelor lemnoase.

— la criptogamele vasculare la care rădăcina principală este de tip diarh, unul dintre fasciculele liberiene se oprește din dezvoltare iar fasciculele lemnoase reunite îi ocupă locul pînă la periciclu. Ca urmare rădăcina are o simetrie bilaterală (*Ophioglossum vulgatum, O. bulbosum, Lycopodium inundatum, Huperzia selago*). Un caz mai rar îl constituie *Selaginella* la care cilindrul central are două fascicule liberiene și un singur fascicul lemnos.

Alte variații se remarcă în numărul vaselor lemnoase. La *Hydrocharis morsus-ranae* și la multe ciperacee, fasciculele lemnoase se reduc la un singur vas. La multe plante acvatice (*Vallisneria spiralis* ș.a.) vasele lemnoase se resorb lăsînd lacune în locul lor. Fasciculele liberiene se pot reduce și ele (*Potamogeton* sp., *Vallisneria spiralis, Hydrocharis morsus-ranae* ș.a.).

Pe lîngă elementele care compun în mod obișnuit fasciculele conducătoare, în rădăcină se mai pot forma vase lemnoase și tuburi ciuruite supranumerare. După locul în care se formează, acestea pot fi periciclice sau medulare (la numeroase monocotiledonate).

### 3.1.5.2. Rădăcina de Ranunculus acer (piciorul cocoșului)

Este un exemplu de structură primară a unei rădăcini de dicotiledonate care se caracterizează prin scoarță foarte bine dezvoltată în raport cu cilindrul central redus (fig. 109).

Examinînd-o la microscop într-o secțiune transversală, vom observa următoarele țesuturi:

— *rizoderma unistratificată*, fără caractere deosebite;

— *scoarța*, bine dezvoltată, este diferențiată într-o *exodermă* formată dintr-un strat de celule poligonale cu pereți suberificați, strîns unite între ele. Exoderma se

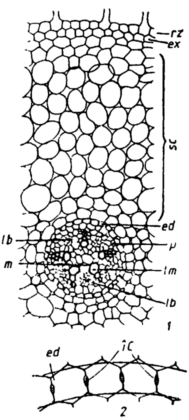



Fig. 109. Structura rădăcinii la *Ranunculus acer*: 1 — secțiune transversală; 2 — celule endodermice în secțiune transversală: *ed* — endodermă; *ex* — exodermă; *îC* — îngroșări *Caspary*; *lb* — fascicul liberian; *lm* — fascicul lemnos; *m* — măduvă; p — periciclu; *rz* — rizodermă· *sc* — scoarță (d. I. Grințescu).

continuă cu scoarța mijlocie care ocupă cea mai mare parte din rădăcină, alcătuită din celule mari sferice sau ovale cu pereți subțiri celulozici și cu spații intercelulare; conține numeroase grăuncioare de amidon.

Stratul cel mai intern al scoarței, *endoderma*, este formată din celule mici prismatice, dispuse regulat; ele prezintă pe pereții radiari îngroșări de natură suberoasă, sub formă de benzi încrețite care înconjură celulele. După unii anatomiști aceste îngroșări ar fi formate dintr-o substanță asemănătoare suberinei sau ligninei. *Van Fleet* (1961) presupune că ar fi o combinație de substanțe fenolice și substanțe grase nesaturate. Aceste îngroșări se cunosc sub numele de *benzile lui Caspary* iar pe secțiune transversală de punctele lui *Caspary* (pentru că apar ca niște puncte pe pereții radiari). La rădăcinile mai bătrîne sau la cele care se dezvoltă într-un sol uscat, pereții celulelor endodermice sînt uniform îngroșați și adesea lignificați. În dreptul fasciculelor lemnoase, endoderma este întreruptă de *celule de pasaj*, ai căror pereți rămîn subțiri și permit trecerea sevei în sens radiar (fig. 110).

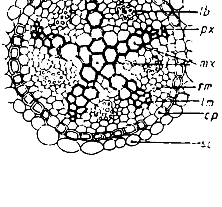



Fig. 110. Cilindrul central al rădăcinii de *Ranunculus acer* în secțiune transversală:

*cp* — celulă de pasaj; *ed* — endodermă; *lb* — fascicul liberian; *lm* — fascicul lemnos; *mx* — metaxilem; *p* — periciclu; *px* — protoxilem; *rm* — rază medulară; *sc* — scoarță (d.I. Grințescu).

©Redacția 2013

— *cilindrul central*, redus ca dimensiuni, este înconjurat de un periciclu unistratificat.

Sub periciclu în ţesutul fundamental, sînt dispuse fasciculele lemnoase şi liberiene, puţine la număr de obicei dispuse în alternanţă şi despărţite de *raze medulare primare*. Vasele *protoxilemului* din apropierea pericicluhii, sînt înguste; lumenul vaselor ce se formează mai tîrziu, creşte pe măsură ce ne apropiem de centrul rădăcinii. Aceste vase alcătuiesc *metaxilemul*. În rădăcina adultă acestea ocupă şi locul măduvei. În alternanţă cu fasciculele lemnoase se observă fasciculele liberiene alcătuite din elemente de formă cilindrică sau prismatică, numite *tuburi ciuruite* şi celule anexe. La o cercetare mai atentă putem deosebi şi aici elemente lungi şi înguste care alcătuiesc *protofloemul*, în imediata vecinătate a pericicluhii şi elemente cu lumenul mai mare care se formează după încetarea creşterii în lungime, care alcătuiesc *metafloemul*, spre mijlocul rădăcinii.

În rezumat putem spune că rădăcina dicotiledonatelor cu structură primară, se caracterizează prin: scoarţă bine dezvoltată, exodermă unistratificată, endodermă cu îngroşări caracteristice şi un număr mic de fascicule liberiene şi lemnoase, diferenţiate centripet.

### 3.1.5.3. Rădăcina de Iris germanica (stînjenel)

Această rădăcină exemplifică structura rădăcinii la monocotiledonate. Structura primară este în mare, asemănătoare cu cea de la dicotiledonate dar cu o dezvoltare mai accentuată a ţesutului conducător.

Într-o secţiune transversală distingem:

— *rizoderma*, care nu prezintă particularităţi;

— *scoarţa*, care începe cu o exodermă suberificată numită *cutis* alcătuită din 2—3 straturi de celule poligonale, lipsită de spaţii intercelulare. *Endoderma* se remarcă atît prin mărimea celulelor cît şi prin forma de potcoavă sau a literei U, a

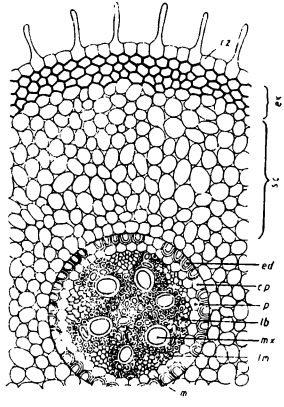



Fig. 111. Structura rădăcinii la *Iris germanica*: *cp* — celule de pasaj; *ed* — endodermă; *ex* — exodermă; *lb* — fasciculi liberian; *lm* — fasciculi lemnos; *m* — măduvă sclerificată; *mx* — metaxilem; *p* — periciclu; *rz* — rizodermă; *sc* — scoarţă (d.I. Grinţescu).

îngroşărilor pereţilor celulari. Pereţii laterali şi interni sînt groşi şi lignificaţi, în timp ce pereţii externi sînt subţiri. Acest ţesut măreşte rezistenţa rădăcinii şi apără cilindrul central. În faţa fasciculelor lemnoase endoderma este întreruptă de *celule de pasaj*, sau de trecere, care conduc apa şi sărurile minerale în sens radiar (fig. 111).

Cilindrul central, bine dezvoltat, este înconjurat de un *periciclu* unistratificat din celule mici cu pereţii celulozici.

Fasciculele liberiene şi lemnoase sînt dispuse tot în alternanţă dar sînt mai numeroase decît în cazul precedent; vasele metaxilemului au lumenul (diametrul) foarte mare.

În rădăcina adultă celulele *razelor medulare* şi ale *măduvei* au pereţii îngroşaţi şi lignificaţi.

Rădăcina de la monocotiledonate se distinge prin: cutis pluristratificat, diferenţierea accentuată a endodermei, cilindrul central bine dezvoltat cu un număr mare de fascicule liberiene şi lemnoase dispuse pe periciclu şi prin metaxilem alcătuit din vase de calibru foarte mare.

### 3.1.5.4. Stereomul rădăcinii primare

Un stereom tipic se întîlneşte rar în structura primară a rădăcinii. De cele mai multe ori razele medulare şi măduva se sclerifică total sau parţial (*Iridaceae, Poaceae, Palmae* ş.a), îndeplinind rol de ţesut mecanic. Uneori pe lîngă sclerenchimul din cilindrul central, în alcătuirea stereomului intră şi o parte a parenchimului cortical (*Smilax* sp.). Aceste rădăcini pot rezista atît la tracţiune cît şi la presiunea din afară. La *Chrysopogon gryllus*, o bună parte din scoarţă este alcătuită din macrosclereide (*M. Andrei*, 1975).

În sfîrşit, în unele rădăcini stereomul se reduce la pereţii lignificaţi ai vaselor lemnoase.

**Originea ţesuturilor primare din rădăcină.** Ţesuturile primare din rădăcină îşi au originea în vîrful vegetativ meristematic al acesteia unde se află celula sau celulele iniţiale.

La cele mai multe pteridofite există o singură celulă iniţială, în formă de tetraedru, cu laturile triunghiulare şi cu baza spre vîrful rădăcinii. Prin diviziuni periclinale, paralele cu baza tetraedrului rezultă caliptrogenul din care se va forma piloriza, iar prin diviziuni anticlinale, paralele cu feţele celulei iniţiale tetraedrale, se vor

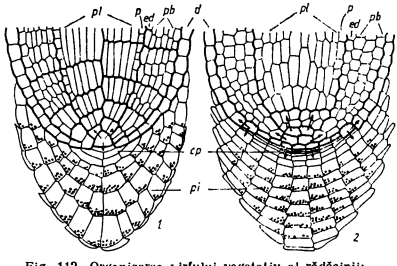



Fig. 112. Organizarea vîrfului vegetativ al rădăcinii:
*1* — felige; *2* — dicotiledonate; *cp* — caliptrogen; *d* — dermatogen; *ed* — endodermă; *p* — periciclu; *pb* — peribiem; *pi* — piloriză; *pl* — plerom (d. I. Ciobanu).

forma cele 3 foițe histogene: *periblemul*, *pleromul* și *dermatogenul*, din care se vor diferenția ulterior țesuturile definitive (fig. 112).

La licopodiine, isoetine și fanerogame în general, meristemele apicale își au originea în una-două sau mai multe celule inițiale.

La gimnosperme și unele dicotiledonate *Mimosa* sp., *Acacia* sp., *Lupinus* sp. ș.a., în vîrful rădăcinii există două inițiale sau două grupuri de inițiale suprapuse din care cea internă va da naștere pleromului, iar cea externă periblemului și pilorizei; dermatogenul își are originea în stratul cel mai extern al periblemului. La unele conifere ca *Pinus cembroides* var. *edulis*, din același grup de inițiale se formează atît foițele histogene din care se va forma corpul rădăcinii cît și caliptra.

La angiosperme, vîrful vegetativ este ocupat de 3 inițiale sau grupuri de inițiale suprapuse, din care prin diviziuni anticlinale și periclinale vor rezulta foițele histogene (dermatogen, periblem, plerom și caliptrogen).

Cercetările au demonstrat că dezvoltarea foițelor histogene din celulele inițiale, se petrece foarte diferit: uneori fiecare foiță se dezvoltă dintr-o inițială proprie iar piloriza ia naștere dintr-un meristem numit *caliptrogen* (gr. *kalyptra* = înveliș; *genesis*). Acest caz se întîlnește destul de rar (*Hydrocharis* sp., *Pistia stratiotes*) și alte plante acvatice.

Alteori din aceeași inițială iau naștere cîte două foițe sau toate trei. Astfel, la malvacee, umbelifere, unele liliacee pleromul ia naștere dintr-o grupă de inițiale iar periblemul, dermatogenul și piloriza dintr-o altă grupă de inițiale; sau periblemul și pleromul se formează din inițiale separate, în timp ce dermatogenul și piloriza au origine comună (grupa caliptro-dermatogenă). Acesta este cazul cel mai frecvent la dicotiledonate și în special la crucifere, solanacee, composite ș.a. La monocotiledonate și în deosebi la graminee, juncacee, ciperacee ș.a., pleromul ia naștere tot dintr-o grupă de inițiale iar piloriza provine din caliptrogen. Între aceste tipuri există și numeroase forme de trecere.

Dată fiind varietatea procesului de formare a foițelor histogene în cadrul diferitelor unități sistematice, *Guttenberg* și *colab.* (1960) grupează diferitele moduri de diferențiere a histogenelor în două tipuri fundamentale: *tip închis* și *tip deschis*.

Tipul închis cuprinde cazurile în care se pot distinge inițialele din care a derivat fiecare foiță histogenă.

Tipul deschis reprezintă cazurile în care nu se pot distinge inițialele fiecărei foițe histogene. De exemplu la *Helianthus annuus* piloriza, dermatogenul și periblemul se formează dintr-un complex de inițiale, pe cînd pleromul are inițiale proprii. La *Allium sativum* toate foițele histogene și piloriza se nasc din același grup de inițiale.

Dar indiferent de modul în care iau naștere aceste foițe histogene, din dermatogen se va diferenția rizoderma, din periblem scoarța, iar din plerom cilindrul central. La numeroase specii piloriza pare că se formează din caliptrogen (fig. 113).

Rezultă deci că în vîrful vegetativ are loc o multiplicare activă a celulelor, o proliferare de celule meristematice, care ceva mai departe de vîrf se alungesc și apoi se diferențiază. Ca urmare vîrful vegetativ nu crește în volum și nu dispare. Persistența sa permite ca și în tulpină, o creștere nelimitată a rădăcinii.

Cercetări mai recente, efectuate asupra vîrfului rădăcinii, consideră că zona cea mai activă din punct de vedere mitotic, nu coincide cu punctul vegetativ al rădăcinii, deci cu celulele inițiale. Acestea se divid rar și mai puțin decît celelalte celule din vîrful rădăcinii constituind așa-numită zonă *quiescentă* sau *liniștită*, în jurul căreia se află celule meristematice care se divid foarte activ, *zona activă*, și generează toate țesuturile rădăcinii.

Prin tehnici variate s-a demonstrat existența zonei quiescente în vîrful rădăcinii unui număr considerabil de specii. Această zonă se dezvoltă în cursul ontogenezei



Digitized by Arhiva 2013

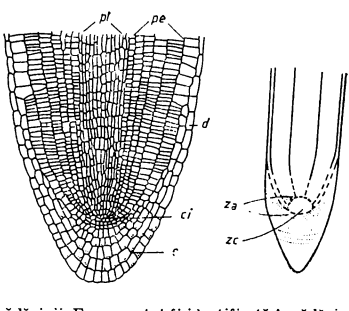



Fig. 113. Secțiuni longitudinale prin vîrful rădăcinii de *Brassica napus*: *c* — caliptră; *ci* — celule inițiale; *d* — dermatogen; *pb* — periblem; *pl* — pleром; *za* — zonă activă; *zc* — zonă quiescentă din vîrful rădăcinii (d. G. Șerbănescu și C. Toma).

rădăcinii. Ea n-a putut fi identificată în rădăcina embrionară și în primordiile radicelelor, în care la început toate celulele sînt meristematice și lipsește din rădăcinile cu o singură celulă apicală.

*Clowes* (1956) studiază distribuția acizilor nucleici în meristemul apical al rădăcinii și constată că celulele zonei quiescente au o concentrație mai scăzută de DNA, RNA și proteine decît celelalte celule din vîrful rădăcinii. Alte cercetări arată că aceste celule sînt menținute o perioadă mai lungă în faza de presinteză ($G_1$) a ciclului mitotic. *Clowes*, crede că inactivitatea acestor celule se datorește poziției lor în meristemul apical și nu imposibilității de a suferi mitoza. Se pare că zona quiescentă constituie o rezervă de celule diploide care prin însușirile lor (mai puțin active) și prin faptul că rămîn mult timp în $G_1$ sînt mai puțin afectate de factorii care influențează diviziunea celulară.

### 3.1.5.5. Originea și dispoziția radicelelor

La majoritatea plantelor radicelele iau naștere din periciclu, numit din această cauză și *strat rizogen*. Dată fiind poziția mai profundă a periciclului se utilizează expresia de origine endogenă a radicelelor.

La fanerogame radicelele se formează dintr-un grup de celule periciclice situate în dreptul fasciculelor lemnoase care, la un moment dat încep să se dividă. Cresc radiar și se divid tangențial. Rezultă astfel două arcuri de celule suprapuse. Fenomenul se repetă și se ajunge la trei arcuri de celule din care se vor forma prin diviziuni repetate cele trei foițe histogene: din arcul intern va deriva pleromul, din cel mijlociu periblemul iar din cel extern dermatogenul și piloriza. În această fază de dezvoltare radicela are forma unui mic mamelon numit *primordiu de radicelă*. El continuă să crească și presează endoderma care se divide și ea la acest nivel și formează un înveliș, de regulă unistratificat, numit *calotă digestivă*, sau *buzunar digestiv*. Se presupune că această formațiune produce enzime capabile să lichefieze țesuturile scoarței (de aici și numele) pe care radicela trebuie să le străbată pentru a ieși la exterior. După ce radicela s-a format, calota digestivă se dezorganizează (fig. 114).

Astăzi majoritatea anatomiștilor sînt de părere că radicela își croiește drum prin scoarță pe cale pur mecanică, prin ruperea țesuturilor.

Vîrful radicelelor are aceeași structură ca și vîrful rădăcinii principale și este protejat de piloriză.



CărtiAzi 2013

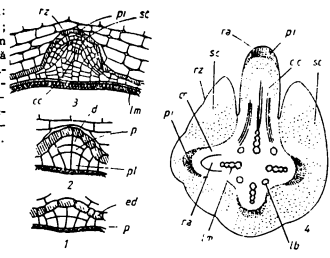



Fig. 114. Originea și dezvoltarea radicelei: *1* — arc rizogen din două straturi de celule; *2* — din trei straturi; *3* — stadiu avansat în formarea radicelei; *4* — secțiune transversală printr-o rădăcină de tip tetrarh cu o radicelă ieșită din scoarță: *cc* — cilindru central; *d* — dermatogen; *ed* — endoderma: *lb* — liber; *lm* — lemn; *p* — pericicliu; *pb* — periblem; *pl* — pleron: *pi* — piloriză; *ra* — radicelă; *rz* — rizodermă; *sc* — scoarță (d. I. Ciobanu și I. Grințescu).

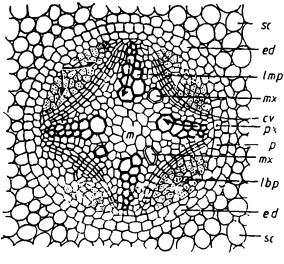



Fig. 115. Zonele generatoare din rădăcina de *Vitis gongylodes*: *cv* — cambiu vascular; *ed* — endodermă; *lbp* — liber primar; *lmp* — lemn primar; *m* — măduvă; *mx* — metaxilem; *p* — pericicliu; *px* — protoxilem; *sc* — scoarță (d. I. Grințescu).

La ferigi și la *Equisetum sp.* radicelele iau naștere din endodermă, plecînd de la o singură inițială radicelară, situată în fața unei fascicule lemnoase.

Întrucît radicelele se formează numai în anumite puncte ale pericicliului, în dreptul fasciculelor lemnoase, ele formează pe rădăcina principală șiruri longitudinale drepte numite *ortostihuri* (gr. *ortos-*; *stichos-*). De regulă numărul ortostihurilor este egal cu al fasciculelor lemnoase; o astfel de dispoziție se numește *izostihă* (gr. *isos* = egal; *stichos-*).

La rădăcinile de tip diarh, cum sînt cele de crucifere, radicelele se formează în intervalul dintre fasciculele lemnoase și liberiene. Ca urmare numărul ortostihurilor este dublu față de fasciculele lemnoase. Această dispoziție se numește *diplostihă* (gr. *diploos-*; *stichos-*). O excepție la cele prezentate o constituie ferigile care deși au rădăcini de tip diarh, prezintă o dispoziție izostihă (fig. 115).

**Originea rădăcinii principale.** Rădăcina principală există încă în embrion și se numește *radiculă* sau *rădăcinită*. După relațiile pe care le are cu tulpinița, rădăcina principală poate avea origine *externă* sau *internă*.

La majoritatea dicotiledonatelor rădăcina principală are origine externă sau exogenă. Ea se formează în continuarea tulpiniței (hipocotilului) și la exteriorul ei.

La monocotiledonate (graminee, comelinacee) precum și la unele dicotiledonate (*Tropaeolaceae, Nyctaginaceae* ș.a.) radicula se formează în interiorul tulpiniței și cu ocazia germinării ea trebuie să rupă țesuturile tulpiniței care o înconjoară. De

aceea zicem că are origine internă sau endogenă. Țesutul embrionar al tulpiniței, străpuns de rădăcină se mai vede cîtva timp la baza rădăcinii sub forma unui guleraș numit *coleoriză* (gr. *koleos* = teacă; *rhiza*-).

### 3.1.5.6. Structura secundară a rădăcinii

La majoritatea plantelor lemnoase și la multe dicotiledonate ierboase perene, rădăcina prezintă și o structură secundară, adică la țesuturile primare se adaugă țesuturi noi secundare, care determină creșterea în grosime a rădăcinii. Tensiunea și presiunea la care este supusă rădăcina an de an devine tot mai mare, ceea ce explică nevoia dezvoltării țesuturilor mecanice și conducătoare.

Spre deosebire de țesuturile primare care iau naștere din meristemele primare apicale, țesuturile secundare provin din două meristeme secundare numite și zone generatoare: cambiul vascular și felogenul. Meristemele secundare pot funcționa pe ambele fețe, generînd țesuturi noi în două direcții sau numai pe una din fețe (fig. 116).

*Cambiul vascular* sau *zona generatoare libero-lemnoasă* apare întotdeauna în cilindrul central între lemn și liber.

Procesul de formare a cambiului poate fi ușor urmărit într-o rădăcină tînără de viță americană (*Vitis gongylodes*) sau de bob (*Vicia faba*) care are 4 fascicule lemnoase și 4 fascicule liberiene. Cambiul apare la partea inferioară a fasciculelor liberiene sub forma unor arcuri generatoare concave. Ulterior celulele periciclului situate în fața fasciculelor lemnoase se divid radiar generînd noi arcuri de cambiu. Arcurile cambiale cresc și se alungesc prin capetele lor și apoi se racordează între ele cuprinzînd la interior fasciculele lemnoase și lăsînd în afară fasciculele liberiene. În această fază cambiul are formă stelată. El începe să funcționeze dînd naștere la celule noi meristematice care se vor diferenția apoi în țesuturi conducătoare secundare. Dar în dreptul fasciculelor liberiene cambiul se divide mai activ și de aceea după un anumit timp arcurile generatoare din concave cum erau la început, devin convexe și întreaga zonă capătă foarte curînd o formă circulară sau inelară. Spre exterior produce

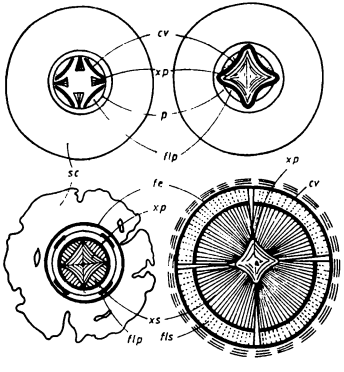



Fig. 116. Formarea structurii secundare în rădăcină:
*cv* — cambiu vascular; *fe* — felogen; *flp* — floem primar; *fls* — floem secundar; *p* — pericicliu; *sc* — scoarță; *xp* — xilem primar; *xs* — xilem secundar (d. G. Șerbănescu și C. Toma).

liber secundar care împinge liberul primar în afară, iar spre interior lemn secundar care se suprapune peste fasciculele lemnoase primare.

Mecanismul funcționării cambiului este simplu: celulele sale cresc radiar și se divid prin pereți tangențiali producînd în mod alternativ celule noi atît spre exterior cît și spre interior.

Proporția de celule noi nu va fi egală pe cele două fețe ale cambiului, de aceea țesutul lemnos va fi mai bine reprezentat decît cel liberian. Țesuturile conducătoare secundare se dispun sub formă de cilindru sau inel corespunzător formei cambiului. Ele se deosebesc de țesuturile primare și prin compoziția histologică; conțin elemente care compun lemnul și liberul secundar. Liberul secundar cuprinde pe lîngă tuburi ciuruite și celule anexe (prezente și în liberul primar) parenchim liberian și fibre liberiene. Lemnul secundar este alcătuit din vase lemnoase înconjurate de parenchim lemnos și din fibre lemnoase sau libriforme. Spre deosebire de tulpină, lemnul rădăcinii conține mai puține fibre și mai multe vase, iar inelele anuale sînt mai puțin vizibile. Inelele anuale de lemn secundar sînt și aici, ca și în tulpină rezultatul activității intermitente a cambiului în zonele cu climă temperată.

Din loc în loc cambiul dă naștere unor șiruri de celule parenchimatice alungite în direcție radiară, care străbat atît lemnul cît și liberul secundar și care se numesc *raze medulare secundare*. Ele servesc la depozitarea unor substanțe de rezervă și la schimbul gazos dintre plantă și mediul extern.

Prin țesuturile secundare pe care le generează, cambiul îngroașă an de an cilindrul central al rădăcinii. Creșterea în volum a rădăcinii obligă cambiul să se dividă din cînd în cînd și prin pereți radiari. Fenomenul se cunoaște sub numele de *dilatația cambiului*.

*Felogenul* sau *zona generatoare subero-felodermică* sau *peridermică* apare de regulă mai tîrziu decît cambiul vascular. La majoritatea dicotiledonatelor ierboase nu se formează deloc; ele nu au scoarță secundară. Felogenul are de la început formă inelară și poziție variabilă. Se formează cel mai adesea în periciclu dar se poate forma și la diferite niveluri în scoarță sau chiar în liberul primar, dar întotdeauna în afara cambiului. Funcționează la fel ca și cambiul și celulele noi se dispun alternativ la interiorul și la exteriorul zonei. Elementele meristematice externe se vor diferenția în suber secundar sau plută iar cele interne, în feloderm (de aici numele de zonă generatoare subero-felodermică). Ansamblul țesuturilor produse de felogen, formează scoarța secundară sau *periderma*, căreia i se datorează celălalt nume de *zonă peridermică*.

După unul sau mai mulți ani se formează un nou felogen mult la interior față de cel precedent.

Pe măsură ce se formează noi zone generatoare la interior, o parte din scoarța secundară crapă și se exfoliază împreună cu țesuturile periferice. Acest complex de țesuturi primare și secundare se cunoaște sub numele de *ritidom* (*rhytidoma* = zbîrcitură). Prin această cojire rădăcina se subțiază la început dar grație funcționării felogenului, ea își reface foarte curînd diametrul inițial și chiar îl depășește, avînd în vedere țesuturile vasculare secundare care se adaugă anual, celor inițiale.

În majoritatea cazurilor felogenul produce un număr egal de straturi de suber și feloderm (*Salix* sp.). Adesea însă predomină unul din cele două țesuturi secundare. La rădăcina de fag (*Fagus sylvatica*) sau de stejar (*Quercus* sp.), numărul de straturi de suber este cu mult mai mare decît al straturilor de feloderm.

Cînd periderma apare la periferia scoarței, felodermul este puțin dezvoltat și scoarța primară rămîne pe loc. La cele mai multe dicotiledonate periderma își are



Digitized by Arhiva 2013

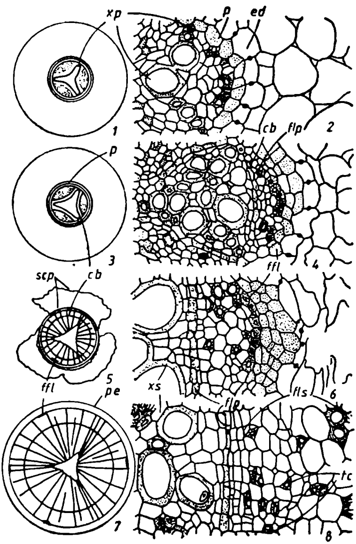



Fig. 117. Scheme şi detalii structurale ale rădăcinii de *Medicago sativa* în diferite stadii de dezvoltare:
1, 2 — structură primară; 3, 4 — diferenţierea cambiului libero-lemnos; 5, 6 — început de structură secundară; 7, 8 — structură secundară avansată: *cb* — cambiu libero-lemnos; *ed* — endodermă; *ffl* — fibre floemice primare; *flp* — floem primar; *fls* — floem secundar; *p* — periciclu; *pe* — peridermă; *scp* — scoarţă primară; *tc* — tub ciuruit; *xp* — xilem primar; *xs* — xilem secundar (d. K. Esau).

originea în periciclu şi atunci felodermul foarte dezvoltat cauzează exfolierea scoarţei primare, el devenind scoarţă secundară.

Rădăcinile cu structură secundară se aseamănă foarte mult cu tulpina cu structură secundară. Cele două organe se disting doar prin ceea ce mai rămîne din structura lor primară. În rădăcină măduva dispare ca urmare a diferenţierii centripete a lemnului primar dar mai ales a presiunii exercitate de ţesuturile secundare. Putem spune că practic, rădăcinile secundare se recunosc după absenţa măduvei, înlocuită aici de lemn (fig. 117).

### 3.1.5.7. Cazuri particulare de îngroşare secundară a rădăcinii

Rădăcinile tuberizate adaptate la depozitarea substanţelor de rezervă îşi datoresc creşterea în volum dezvoltării exagerate a parenchimului lemnos sau liberian, ca urmare a funcţionării anormale a cambiului vascular.

În rădăcina de morcov (*Daucus carota*), păstîrnac (*Pastinaca sativa*), etc., cambiul produce foarte mult ţesut liberian în care parenchimul liberian formează masa principală a rădăcinii. Lemnul este slab reprezentat şi format în majoritate tot din parenchim, vasele lemnoase fiind puţine.



©Biblioteca Digitala 2013

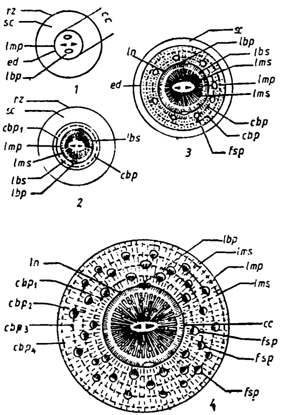



Fig. 118. Îngroşarea anormală a rădăcinii de *Beta vulgaris*:

1 — structură primară; 2 — structura rădăcinii cu formaţiuni secundare normale şi primul cambiu periciclic; 3 — al doilea cambiu periciclic; 4 — apare cambiul 3 şi 4: $cbp_1$—$cbp_4$ — cambii periciclice succesive; *cc* — cilindru central; *ed* — endodermă; *fsp* — fascicul libero-lemnos periciclic; *lbp* — liber primar; *lbs* — liber secundar; *lmp* — lemn primar; *lms* — lemn secundar; *ln* — limita formaţiunilor normale; *rz* — rizodermă; *sc* — scoarţă (d. I. Grinţescu).

O situaţie inversă se poate observa în rădăcina de ridiche (*Raphanus sativus*), în care cambiul produce foarte mult parenchim lemnos, în timp ce liberul secundar ocupă o porţiune îngustă la periferie.

În rădăcina de sfeclă (*Beta vulgaris*), întîlnim un fenomen şi mai curios. Rădăcina primară de sfeclă are o structură diarhă. Pe lîngă cambiul care funcţionează normal şi produce lemn şi liber secundar, mai apare un cambiu suplimentar de origine periciclică care generează pe ambele feţe parenchim secundar. În acest parenchim se formează la exteriorul cambiului fascicule liberiene şi în faţa lor fascicule lemnoase secundare; împreună alcătuiesc fascicule libero-lemnoase. În timp ce această zonă generatoare este încă în plină activitate, din periciclu ia naştere un alt cambiu care se comportă la fel ca şi precedentul. Fenomenul se repetă şi în timp de un an, se pot forma 8—12 cambii supranumerare care dau pături largi de parenchim secundar în care se depune zaharoză şi care îngroaşă foarte mult rădăcina de sfeclă (fig. 118).

Formaţiuni supranumerare de acelaşi tip, dar mai puţin dezvoltate şi fără să constituie cercuri continue se observă şi în rădăcina de la *Laserpitium latifolium* şi *Globularia alypum*.

În rădăcina de *Mirabilis jalapa* sau de *Convolvulus scammonea* tuberizarea este produsă de cambii supranumerare neregulate diferenţiate în parenchimul lemnos secundar alcătuit din celule cu pereţii celulozici. Ţesuturile formate din cambii diferenţiate în ţesuturi secundare se numesc *terţiare*.

Uneori cambiul produce lemn şi liber secundar numai în dreptul fasciculelor liberiene, iar restul zonei produce numai parenchim, ca urmare se formează raze medulare late (*Lappa major*).

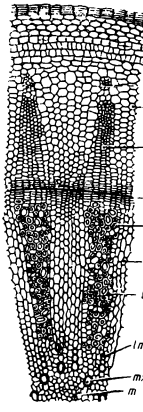



Fig. 119. Structura secundară a rădăcinii de *Lappa major*: *cb* — cambiu; *ed* — endodermă; *lbp* — liber primar; *lbs* — liber secundar; *lmp* — lemn primar (protoxilem); *lms* — lemn secundar; *m* — măduvă; *mx* — metaxilem; *p* — periciclu; *rm* — rază medulară; *sb* — suber; *sc* — scoarță (d. I. Grințescu).

La alte plante ca de exemplu la dovleac (*Cucurbita pepo*), în dreptul fasciculelor liberiene se formează cîte două fascicule libero-lemnoase (fig. 119).

Rădăcinile unor specii de plante din familia *Solanaceae* și *Gentianaceae*, conțin în parenchimul lemnos insule de țesut liberian.

Acest liber intralemnos este omolog liberului perimedular al tulpinilor și frunzelor. Se întîlnește numai la speciile de plante cu liber perimedular, dar este mult mai rar decît acesta.

Formațiuni secundare de un tip particular s-au observat și la monocotiledonate ca de exemplu la cîteva liliacee arborescente (*Yucca* sp., *Dracaena* sp.). La aceasta din urmă se formează o zonă generatoare fie în periciclu (*D. fruticosa*), fie în scoarța primară (*D. marginata*). Acest meristem produce pe ambele fețe parenchim fundamental în care se formează fascicule libero-lemnoase secundare, asemănătoare celor din tulpină.

## 3.2. Tulpina (Caulis)

Tulpina este partea plantei în prelungirea rădăcinii, care susține florile și mai tîrziu fructele cu semințele. Tulpina crește de regulă vertical, de jos în sus, în virtutea geotropismului său negativ.

Diferențierea organului omolog începe chiar de la talofite. La *Characade*, la *Phaeophyta* (*Caulerpa* sp., *Fucus* sp., *Laminaria* sp.), talul pluricelular este diferențiat în *rizoid* (gr. *rhiza-*; *eidos-*), *cauloid* (lat. *caulis* = tulpina; gr. *eidos-*) și *filoid* (gr. *phyllon* = frunză; *eidos-*), organe asemănătoare rădăcinii, tulpinii și frunzei.

Un grup de talofite la care se constată existența unei tulpinițe îl reprezintă briofitele, dar cel mai înalt grad de organizare structurală a tulpinii veritabile se constată la pteridofite și spermatofite.

Tulpina servește, în primul rînd, ca aparat de susținere a organelor de asimilație și reproducere, contribuind la realizarea tuturor funcțiilor specifice acestora. În al doilea rînd, servește la conducerea materiilor nutritive înlesnind circulația ascendentă și descendentă a acestora.

În cazuri speciale tulpina contribuie la nutriția plantei luînd parte la fotosinteză iar uneori servește la înmagazinarea apei și a materiilor de rezervă. Studiul morfologic al tulpinii comportă analiza tulpinii principale și a ramurilor.

### 3.2.1. Originea tulpinii

În ce privește originea tulpinii plantelor superioare se constată în urma unei analize comparative, că plantele inferioare ca *Lessonia flavicans* (*Laminariales*) sau



Digitized by 2013

*Caulerpa prolifera* (*Caulerpaceae*) posedă organe vegetative analoage morfologic și funcțional cu cele ale plantelor superioare. Vasele liberiene de la fanerogame au un corespondent în celulele medulare ale cauloidului de la *Nereocystis* și *Macrocystis* (*Laminariales*). Modul de creștere al tulpinii cormofitelor se regăsește la *Fucus* sp. sau *Haliseris* sp. prin creșterea cauloizilor în lungime printr-o celulă inițială sau printr-un grup de celule inițiale. Același lucru se poate spune despre creșterea în grosime a cauloizilor la *Laminaria* (*Laminariales*) care se aseamănă cu creșterea secundară în grosime a tulpinii plantelor superioare.

Unii cauloizi prevăzuți cu rizoizi, odată pătrunși în sol au devenit organe de absorbție a apei; alți cauloizi, rămași la suprafață s-au specializat pentru asimilație clorofiliană, transpirație și respirație. Prin diferențiere și specializare au devenit organe de susținere și organe asimilatoare de tipul tulpinii. De acum tulpina se diferențiază în rînduri ei devenind mai întîi verticală (geotropism negativ), neramificată sau ramificată, la început dihotomic, apoi lateral.

Din punct de vedere ontogenetic, tulpina își are originea în embrion și își începe dezvoltarea odată cu radicula și cu cotiledoanele. În stadiul embrionar este deja diferențiată în *hipocotil* și *epicotil* (gr. *hypo-*; *kotylo* = adîncitură, pahar, ventuză; *epi-*; *kotylo-*) fiind constituită din țesuturi embrionare.

## 3.2.2. Morfologia tulpinii

Tulpina ca și rădăcina sînt organe simetrice. Linia dreaptă care unește baza cu vîrful său este o axă de simetrie. Baza tulpinii se confundă cu baza rădăcinii; axa de simetrie a tulpinii nu este decît prelungirea axei de simetrie a rădăcinii.

De-a lungul tulpinii principale sînt frunzele, iar la subsuoara acestora se găsesc mugurii sau ramurile.

Cînd punem să germineze o semințe de fasole, observăm că în prelungirea rădăcinii apare un organ de culoare verzuie, care nu este altceva decît o parte a tulpiniței; partea aceasta, care este limitată pe de o parte de rădăcină și pe de altă parte de cotiledoane se numește axă hipocotilă (fig. 120).

La majoritatea fanerogamelor axa hipocotilă este deja formată în embrion. Între cotiledoane sau lîngă ele se găsește primul mugur, numit *plumula* (lat. *plumula* = fulg, pană) sau *gemula* (lat. *gemmula* = mugureș); din acest mugur se va dez-

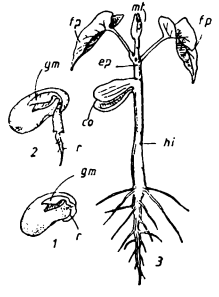



Fig. 120. *Phaseolus vulgaris* în diferite stadii de dezvoltare:
*co* — cotiledoane; *ep* — epicotil; *fp* — frunze primare; *gm* — gemulă (plumulă); *hi* — hipocotil; *mt* — mugure terminal; *r* — radiculă (d.I. Grințescu).

volta ulterior tulpina principală propriu-zisă. Primei părți a tulpiniței, începînd de la cotiledoane pînă la frunzele primare i s-a dat numele de *axă epicotilă*.

Axa caulinară poate să rămînă simplă; de cele mai multe ori însă ea se ramifică.

**Noduri și internoduri. Muguri.** Locul puțin umflat de pe tulpină unde este fixată frunza se numește *nod*, iar porțiunea de tulpină cuprinsă între două noduri se numește *internod* (lat. *internodium*) (fig. 121). Ceea ce atrage atenția la o tulpină este că pe măsură ce ne apropiem de vîrful său internodurile sînt din ce în ce mai scurte iar frunzele sînt din ce în ce mai apropiate și mai mici. La vîrful tulpinii frunzele sînt chiar foarte mici și se acoperă unele pe altele; cele externe sînt de obicei mai rigide datorită pereților celulari ușor suberificați, devenind protectoare, numite **catafile** (gr. *kata* = în jos; *phyllon*-), iar cele de la interior sînt incomplet dezvoltate. Toate frunzulițele laolaltă servesc la apărarea vîrfului fraged al tulpinii numit **vîrf vegetativ**.

Acestui ansamblu, alcătuit din vîrful vegetativ și frunzulițele din vîrful său i s-a dat numele de **mugure terminal**. Ne putem ușor da seama de alcătuirea unui mugure terminal dacă facem o secțiune longitudinală prin axa sa. La vîrful tulpinii nu există nici-un organ apărător care să corespundă pilorizei de la rădăcină. Funcția de apărare aici este îndeplinită de frunzulițele ce alcătuiesc mugurele terminal (fig. 122).

**Muguri terminali normali.** Dacă ne îndepărtăm de mugurele terminal, în jos pe tulpină, vom găsi frunze complet dezvoltate și muguri laterali; aceștia sînt *muguri axilari* și *muguri adventivi*.

De regulă mugurii axilari se formează numai cîte unul la subsuoara unei frunze. Dezvoltîndu-se, mugurii axilari dau naștere la *ramuri*. Frunza, la subsoara căreia se dezvoltă o ramură se numește *bractee*.

La unele plante, pe lîngă mugurele axilar principal se mai formează *muguri suplimentari*. Aceștia din urmă pot fi suprapuși, cum sînt la *Lonicera* sp., *Gleditsia* sp., ș.a. Alteori mugurii suplimentari se găsesc la același nivel cu mugurele axilar principal (muguri colaterali) cum sînt la *Araceae*, *Rosaceae* și la *Liliaceae*.

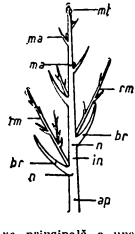



Fig. 121. Axa principală a unei tulpini cu ramificațiile sale:
*ap* — axă principală; *br* — bractee; *in* — internod; *ma* — muguri axilari; *mt* — mugure terminal; *n* — nod; *rm* — *ramuri* (d. I. Grințescu).

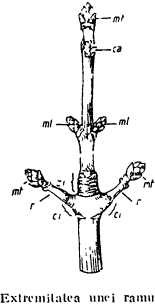



Fig. 122. Extremitatea unei ramuri de *Acer pseudoplatanus*:
*ca* — catafile; *ci* — cicatricele bracteilor; *ml* — muguri laterali; *mt* — muguri terminali; *r* — ramuri (d. I. Grințescu).

Fig. 123. Frunză de *Bryophyllum calycinum* cu mai multe plantule provenite din muguri adventivi (d. I. Grințescu).

**Muguri axilari deplasați.** În unele cazuri, datorită creșterilor intercalare ale tulpinii sau ale pețiolului foliar, mugurii nu se găsesc exact la subsuoara frunzelor. Într-adevăr baza mugurelui poate să fie concrescută cu baza bracteei și atunci dacă acesta din urmă crește ulterior, va rezulta o deplasare a mugurelui axilar. Un astfel de fenomen se observă la inflorescența de la *Tilia* sp., inflorescență care are aparența că ieșe din mijlocul bracteei. La *Samolus valerandi* pedunculii florali sînt în aparență lipsiți de bractei, de fapt, frunzulițele ce se observă pe pedunculii florali nu sînt altceva decît bracteile deplasate. În sfîrșit, la *Helianthemum aegyptiacum* pedunculii sînt concrescuți cu tulpina; în urma creșterii intercalare a părții concrescute pedunculii se găsesc îndepărtați de bracteele lor. Asemenea deplasări sînt dealtfel frecvente în regiunea florală a tulpinilor.

**Muguri adventivi.** În afară de mugurii axilari, care se dezvoltă numai la subsuoara frunzelor, mai sînt și muguri care se dezvoltă independent de frunze, în locuri nedeterminate, denumiți *muguri adventivi*. Prin dezvoltarea lor, mugurii adventivi dau naștere la *ramuri adventive*.

Mugurii adventivi se pot forma și pe rădăcini; aici ei servesc la regenerarea individului sau la răspîndirea speciei. Alteori mugurii adventivi se pot forma și pe frunze, cum se constată la unele ferigi, precum și la unele antofite (*Bryophyllum calycinum*, *Cardamine pratensis* ș.a.). La multe plante vivace, în special la suculente, se formează cu ușurință muguri adventivi, ori de cîte ori detașăm frunzele și le punem pe nisip umed (*Begonia* sp., *Ficus* sp., ș.a.). (fig. 123).

Pe tulpini, mugurii adventivi se formează mai ales în urma răririlor; în acest caz ei nu se formează direct din țesutul descoperit prin rănire, ci din țesutul secundar de cicatrizare numit *calus*.

**Muguri foliari și muguri florali.** După cum ramurile care ies din muguri poartă numai frunze sau numai flori, se deosebesc două categorii de muguri: *foliari* și *florali*. Dacă un mugure adăpostește, în același timp, primordii de frunze și de flori, mugurele se numește *mixt*.

**Muguri adormiți** (dorminzi). Un mugure axilar se poate dezvolta și da naștere la o ramură, fie în anul în care s-a format (plante ierboase), fie în anul următor (castan sălbatec, fag, stejar, ulm).

Unii muguri axilari pot să rămînă mulți ani în stare de viață latentă. Dar, deși inactivi, ei primesc totuși hrană, datorită contactului pe care îl păstrează cu țesutul conducător al tulpinii. În această stare de inactivitate mugurii păstrează vitalitatea lor un timp foarte îndelungat. În cursul dezvoltării lor ei sînt adesea acoperiți de periderma tulpinii. Mugurii adormiți sînt considerați ca o rezervă potențială vegetativă.

Se întîmplă de multe ori ca mugurele terminal să fie distrus de îngheț, de păsări din cauza unei insuficiențe de hrană etc; în acest caz el va fi înlocuit cu mugurele axilar cel mai apropiat. Din punct de vedere fiziologic, acesta din urmă este un *mugure de înlocuire*. În cazul cînd mugurii normali devin insuficienți, mugurii adormiți pot intra în activitate producînd ramuri. Axele care se dezvoltă din



CarteAdmin 2013

acești muguri se numesc *ramuri proventive*. Lăstarii care se formează pe trunchiul arborilor (*Tilia* sp., *Quercus* sp., *Salix* sp., *Populus* sp. ș.a.), sînt în general ramuri proventive.

*Aplicații*. Cînd scurtăm prin tăiere o tulpină sau o ramură, creșterea se oprește; în acest caz seva destinată hranei se repartizează ramurilor secundare sau mugurilor axilari rămași care vor beneficia de o hrană mai abundentă. Această operațiune se practică foarte mult în pomicultură și viticultură cu scopul de a face ca plantele să dea un mai mare randament productiv. Tăierea arborilor și arbuștilor ornamentali se practică mult în horticultură. Scopul urmărit este de a obține plante cu aspect tufos și de o formă determinată (*Buxus* sp., *Taxus* sp., *Carpinus* sp.). Printr-o tăiere calculată și anumite precauții în ce privește hrana, japonezii obțin arbori pitici de cel mai frumos efect decorativ. Sînt alese de preferință esențele rășinoase (*Pinus* sp., *Larix* sp., *Cupressus* sp. ș.a.). Dar și arborii cu frunze căzătoare pot fi supuși acestui tratament.

Însușirea ce o au unele plante de a produce cu ușurință lăstari prezintă și alt interes practic. Se știe de exemplu că sălciile se taie de jos spre a produce ramuri subțiri (mlădițe) ce se întrebuințează în industria împletitului, sau se taie de sus spre a obține ramuri groase (nuiele) pentru garduri.

La cîmpie se taie ramurile principale ale stejarului și ale salcîmului cu scopul de a se obține lăstari subțiri și de aceeași vîrstă. Cînd acești lăstari sînt încărcați cu runze, se taie și se întrebuințează ca nutreț.

### 3.2.3. Ramificația tulpinii

La unele plante tulpina rămîne neramificată (*Tulipa* sp., palmieri ș.a.).

Plantele cu tulpina neramificată se numesc *monocaule*. La cele mai multe plante însă tulpina este ramificată.

În studiul ramurilor se face deosebirea între: *ramurile principale, secundare, terțiare* etc. sau ramuri de *ordinul întîi, al doilea, al treilea* etc. Ramurile principale iau naștere din mugurii ce se formează pe axa principală; ramurile secundare iau naștere din mugurii ce se formează pe ramurile principale și așa mai departe.

La arbori, ramurile principale se mai numesc și *crăci*, iar ramurile secundare se mai numesc și *crengi*. Ultimele ramificații ale crengilor se numesc *rămurele*.

Plantele a căror axă principală dă naștere numai la ramuri principale, iar acestea se termină cu flori, se numesc plante *diplocaule* (*Muscari racemosum*, *Capsella* sp., *Primula officinalis* ș.a.). Plantele ale căror flori sînt purtate de ramuri secundare se numesc plante *triplocaule* (*Veronica chamaedrys*). Sînt și plante ale căror flori sînt purtate pe ramuri terțiare, cuaternare, sau de un ordin mai înalt.

Această succesiune a ramurilor caracterizează înfățișarea sau habitus-ul plantei și are importanță din punct de vedere sistematic. Așa de exemplu *Viola tricolor* este o plantă diplocaulă, în timp, ce *Viola silvatica* este o plantă triplocaulă.

La graminee mugurii axilari nu dau naștere la ramuri. De asemenea, la conifere, numai anumite frunze au muguri la subsuoara lor.

De altfel sistemul de ramificație poate fi modificat prin dezvoltarea mugurilor suplimentari. Așa de exemplu la *Gleditsia* sp. uneori toți mugurii suplimentari de la subsuoara unei frunze pot să se dezvolte spre a da naștere unui mănunchi de ramuri. În sfîrșit, sînt cazuri cînd și ramurile proventive, sau cele adventive, con-, tribuie la îmbogățirea ramificației.

*Observații*. Pentru a înțelege raportul dintre bractee, organul axilar (mugurf ramură) și axa din care derivă, este important de reținut ce înseamnă noțiunea de *mediană* și de *transversală*. Prin mediană se înțelege planul care trece prin punctul



©Biblioteca 2013

de inserție al bracteei și axa longitudinală a ramurii produse. Prin acest plan bractea este împărțită în două jumătăți. Transversala, dimpotrivă, este un plan perpendicular pe mediană, plan care trece prin axa longitudinală a organului axilar (ramură, peduncul, floare).

În sfîrșit, cînd vorbim despre un organ axilar, numim latura care privește spre ramură — parte *posterioară* sau *superioară*, iar latura care privește spre bractee — parte *anterioară* sau *inferioară*.

### 3.2.4. Dispoziția ramurilor pe tulpină

Dispoziția ramurilor pe tulpină depinde de modul cum sînt așezate frunzele pe acest organ. La liliac de exemplu, unde frunzele sînt opuse și ramurile vor fi tot opuse. În general la tulpină se pot deosebi tipuri principale de ramificație si anume: ramificația *dihotomică* (gr. *dichotomein-*) și ramificația *monopodială* (gr. *monos* —; *pus, podos-*).

**Ramificația dihotomică**. În ramificația dihotomică meristemul terminal se subdivide în două jumătăți și fiecare dintre acestea va da naștere la cîte un mugure. Meristemul vîrfului vegetativ se consumă astfel complet spre a da naștere la două vîrfuri vegetative echivalente (fig. 124).

În ramificația dihotomică formarea ramurilor este terminală. Dihotomia reprezintă tipul cel mai primitiv al ramificației. În decursul vechilor perioade geologice acest tip de ramificație era foarte răspîndit chiar la arbori. Astăzi adevărata dihotomie nu se mai observă decît la alge și la unele ferigi (*Lycopodium* sp.).

**Eudihotomia** sau *dihotomia propriu-zisă*. În acest tip de dihotomie ramurile care se succed sînt egale (*Lycopodium complanatum*).

**Dihotomia simpodială**, care se deosebește de eudihotomie prin aceea că ramurile care se succed sînt neegale. Este de notat că în acest tip de dihotomie numai una din cele două ramuri se dezvoltă și se ramifică la rîndul său. Ramurile de vîrste diferite se găsesc astfel înșirate cap la cap și dau naștere unei axe compuse numită *simpodiu* (gr. *syn*; *pous*-). Un simpodiu are aparența unei tulpini unitare ramificate (*Selaginella* sp.).

**Ramificația monopodială**. În ramificația monopodială formarea ramurilor este subterminală. Se deosebesc două tipuri de ramificație monopodială și anume: ramificația *racemoasă* și ramificația *cimoasă*.

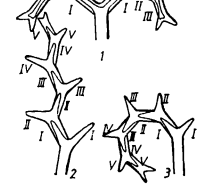



Fig. 124. Ramificația dihotomică: *1* — monopodială (*Dictyota* sp.); *2, 3* — simpodială (*Selaginella* sp.): *I, II, III, ...* ramuri succesive de ordine diferite (d. I. Grințescu).

**Ramificația racemoasă** sau **botritică** (lat. *racemus* = racem, inflorescență; gr. *botrys* = ciorchine, strugure).

Aici meristemul terminal al axei principale rămîne activ atît timp cît trăiește și planta (crește indefinită); într-o astfel de ramificație axa principală (monopodială) trece prin întregul sistem de ramificație.

Ramificația racemoasă cuprinde următoarele două tipuri: *racemul propriu-zis* și *racemul pseudo-dihotomic* sau *pseudopolitomic*.

**Racemul propriu-zis** reprezintă tipul cel mai simplu (v. fig. 303).

După felul cum sînt dispuse, ramurile unui racem pot fi:

— *alterne*, adică o singură ramură la fiecare nod. Ramurile sînt dispuse pe axa principală spiralat (*Capsella bursa-pastoris*, *Lythospermum* sp. ș.a.).

— *opuse*, adică două ramuri față în față la fiecare nod. Ramurile pot fi dispuse pe două serii longitudinale adică distih sau sînt dispuse așa fel că fiecare pereche se încrucișează cu perechea imediat superioară sau inferioară; de aici rezultă că ramurile sînt dispuse pe patru serii longitudinale adică tetrastihe (*Anagallis arvensis*, *Mercurialis annua* ș.a.).

— *verticilate*, adică trei sau mai multe ramuri la același nod. Elementele verticilelor pot fi suprapuse sau alternează. De multe ori ramurile nu sînt dispuse în adevărate verticile ci sînt așezate pe o spirală extrem de apropiată, spirală care se întrerupe din loc în loc formînd etaje (*Coniferea*) (fig. 125).

**Racemul pseudo-dihotomie** sau **pseudo-politomie**. Axa principală poartă una, două sau mai multe ramuri care se dezvoltă în aceeași măsură ca și axa principală. Aceste ramuri pot da naștere, la rîndul lor, la ramuri secundare.

**Ramificația racemoasă pseudo-dihotomică**, caracterizează în special familia umbeliferelor; *trihotomia racemoasă* (gr. *tricha* = de trei ori; *tome-*) se găsește la *Valeriana officinalis*; *politomia* (gr. *polystome-*) este caracteristică pentru unele caprifoliacee (*Sambucus ebulus*) (fig. 126).

**Ramificația cimoasă** (gr. *kyma* = undă; ceea ce se strînge la un loc). În ramificația cimoasă axa principală are creștere definită. Pierzînd mugurele terminal, sau formîndu-se o floare, vîrful axei principale se oprește în dezvoltarea sa. În

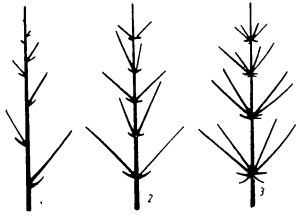



Fig. 125. Reprezentarea schematică a racemului propriu-zis:
*1* — racemul cu ramificații alterne; *2* — racemul cu ramificații opuse; *3* — racemul cu ramificații verticilate (d. I. Grințescu).

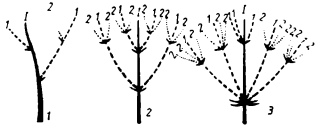



Fig. 126. Reprezentarea schematică a racemului pseudo-dihotomic și pseudo-politomic:
*1* — tipul *Umbelliferae*; *2* — tipul *Valeriana officinalis*; *3* — tipul *Sambucus ebulus*: *I* — axa principală (d. I. Grințescu).

schimb ramurile primare continuă a se ramifica, ele se comportă însă la fel ca şi axa primară.

**Ramificaţii compuse** (mixte). În afară de diferite tipuri de ramificaţii, bine dezvoltate în regiunea florală, există şi ramificaţiile racemo-cimoase caracteristice pentru cei mai mulţi arbori din flora ţării noastre (*Fagus* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp., *Robinia pseudacacia* ş.a.). La aceşti arbori din cauza hranei şi luminii unele internoduri terminale se usucă şi pier, rămînînd să fie înlocuite prin ramurile ce iau naştere dintr-un mugure axilar mai apropiat. Aşa se explică cum un arbore de tip racemos, cum este fagul are rămurele de tip simpodial.

**Ramuri scurte** (microblaste sau brahiblaste), (gr. *mikros* = mic; *brachys-*; *blastos-*). Pe lîngă ramurile cu creştere normală, susceptibile de a se ramifica ulterior, unii arbori mai au nişte ramuri cu internoduri foarte scurte şi cu creşteri anuale foarte reduse. Aceste ramuri nu se mai ramifică ulterior. Ramurile scurte se recunosc uşor prin numeroasele lor cicatrice care le dau un aspect zbîrcit, caracteristic. Cicatricele nu sînt altceva decît urmele frunzelor ce au alcătuit mugurele terminal. Un astfel de dimorfism se întîlneşte la fag, la mesteacăn, la măr, la larice ş.a. La unele conifere (*Pinus* sp.) ramurile scurte cad după 3—4 ani. La fag ramurile scurte sînt persistente.

În afară de microblaste există şi ramuri cu internoduri lungi, numite şi *macroblaste* (gr. *macros-*; *blastos-*).

Arborii din zonele temperate au, în general, ramuri lungi (macroblaste) şi ramuri scurte (microblaste). Subliniem că la pomii fructiferi ramurile scurte sînt roditoare întrucît pe acestea se formează muguri floriferi (cireşi, meri, peri, ş.a.).

**Ramificaţii anormale**. Unii arbori au adesea mănunchiuri de rămurele, avînd înfăţişarea unor tufe, cunoscute de popor sub denumirea de „mături" sau „patul vîntului". Aceste ramificaţii sînt provocate sau de înţepăturile insectelor, sau de excitaţiile produse de ciupercile parazitare. Aceşti agenţi produc dezvoltarea anticipată a mugurilor axilari, care, altfel, nu s-ar fi dezvoltat decît peste unul sau mai mulţi ani. S-a constatat că în cursul unei perioade de vegetaţie se pot dezvolta anticipat pînă la cinci generaţii de ramuri. Asemenea ramificaţii anormale sînt frecvente la *Abies pectinata* cauzate de faza ecidiană a unei uredinee (*Melampsorella caryophyllacearum*), la *Betula pendula* sînt cauzate de ascomiceta (*Taphrina betulina*); la *Cerasus avium* de asemenea de o ascomicetă (*Exoascus cerasi*). Patologia vegetală clasează toate aceste anomalii cauzate de paraziţi vegetali şi animali, printre *cecidii* (gr. *kekis* = gală) şi anume la cecidiile *organoide*, adică acelea care păstrează aspectul organului (în cazul de faţă al ramurii) spre deosebire de cecidiile *histoide* care sînt nişte hipertrofii de ţesuturi cu forme proprii, cum sînt de exemplu galele de pe frunzele de fag şi stejar.

În sfîrşit, în unele cazuri, în calusul provenit dintr-o rănire a tulpinii se formează muguri adventivi, care la rîndul lor vor da naştere la ramuri asemănătoare cu măturile.

### 3.2.5. Aspectul exterior al arborilor (habitus)

Aspectul exterior al arborilor depinde de mai mulţi factori. Astfel tipul de ramificaţie al fiecărui arbore este determinat de poziţia mugurilor pe tulpină. Una va fi înfăţişarea unei coroane formate de o ramificaţie racemoasă şi alta va fi înfăţişarea unei coroane formate de o ramificaţie cimoasă.

Al doilea factor care influenţează aspectul exterior al arborilor este bogăţia în ce priveşte numărul şi succesiunea ramurilor în alcătuirea coroanei. Cu cît un arbore are mai multe ramuri de un ordin mai înalt, cu atît va fi mai bogat şi



Digitized by 2013

sistemul său de ramificație. Un factor determinant în ce privește fizionomia arborilor este însă constanța unghiurilor ce formează ramurile cu tulpina principală. Înfățișarea particulară a unui plop piramidal, de exemplu, este datorată, în primul rînd, unghiurilor ascuțite pe care le fac ramurile cu tulpina principală. De asemenea aspectul exterior al unui molid bătrîn se datorește unghiurilor obtuze dintre ramuri și tulpina principală. Coroana arborilor mai depinde și de unghiurile pe care le fac între ele ramurile în ordinea succesiunii lor. De aici provine forma sferică a coroanei unui măr sau forma particulară a unui pin umbrelă. În sfîrșit, intensitatea creșterii diferitelor categorii de ramuri, numărul și dezvoltarea lor ulterioară sînt iarăși atîția factori care pot influența aspectul exterior al arborilor.

Toate aceste însușiri morfologice primitive pot fi modificate de mediul înconjurător prin diferiți factori. Astfel ramurile care primesc prea puțină lumină și se găsesc în condiții dezavantajoase de asimilație se usucă și dispar. Este cazul ramurilor de la bază și a celor din interiorul coroanei arborilor. De asemenea aspectul unui arbore variază după cum crește: solitar, la marginea sau în interiorul pădurii. Firește că și frunzișul contribuie într-o măsură destul de mare la înfățișarea exterioară a unui arbore. *Habitusul* unor arbori este atît de caracteristic încît îi putem distinge cu ușurință chiar de la distanță.

**Înălțimea arborilor.** O însușire de ordin morfologic care trebuie luată în considerare cînd este vorba să recunoaștem un arbore după aspectul său exterior, este și înălțimea lui.

Un brad alb (*Abies pectinata*), de exemplu, în zona lui de vegetație, poate să ajungă pînă la 75 m înălțime. Un molid (*Picea abies*) poate de asemenea să ajungă pînă la 60 m înălțime. Comparate, în ce privește înălțimea lor, coniferele din țara noastră sînt mult mai mici față de coniferele americane. *Sequoia gigantea* (arborele mamut) poate să ajungă pînă la 150 m înălțime.

Există însă arbori și mai înalți decît *Sequoia*: eucaliptii australieni, ca exemplu *Eucalyptus amygdalina* sau *Eucalyptus versicolor* ating înălțimi de 150 m.

**Forma tulpinilor.** La tulpină se deosebesc caractere de organizare și caractere de adaptare. Cele dintîi sînt caracterizate printr-o deosebită constanță față de factorii mediului. Caracterele de familie, de gen și de specie sînt în general caractere de organizare.

Caracterele de adaptare sînt și ele uneori caractere de specie, alteori sînt caractere de varietate sau de individualitate. Utilitatea lor pentru viața plantelor respective este evidentă. De la formele ecologice, la care caracterele de adaptare diferă puțin de caracterele obișnuite ale unui organ și pînă la cazurile extreme, la care schimbarea fundamentală a funcției provoacă o metamorfoză mai mult sau mai puțin completă, se întîlnesc toate gradele și formele de adaptare.

Cînd se compară între ele două tulpini, de la aceeași specie, dar alese în așa fel ca una să fi trăit supraterană și alta subteran sau acvatic, se constată și o serie de deosebiri anatomice și anume: stereomul foarte dezvoltat la tulpina supraterană, dispare aproape în întregime la tulpina subterană; cilindrul central dezvoltat în primul caz, este redus în cel de al doilea; în sfîrșit, scoarța tulpinii subterane este întotdeauna mai dezvoltată decît aceea a tulpinii supraterane. Firește că o bună parte din aceste însușiri sînt datorate influenței mediului.

După mediul în care trăiesc, tulpinile pot fi împărțite în *supraterane, subterane* și *acvatice.*

### 3.2.6. Tulpini supraterane

Tulpinile supraterane (fotofile) reprezintă tipul cel mai răspîndit și în același timp cel mai variat al cormului.



BibliotecaDigitală 2013

Dacă se ia în considerare organizarea lor, tulpinile supraterane se pot împărți în două grupe și anume: *nearticulate* și *articulate*.

a) **Tulpinile nearticulate** (caules inarticulati) sînt caracterizate prin internodurile lor foarte scurte. Din această categorie fac parte:

*Caudex-ul*. Este o tulpină scurtă, cărnoasă, în general neramificată, cu o durată de vegetație de mai mulți ani (plurienală). Un caudex se termină printr-o axă floriferă articulată (*Agave americana, Sempervivum* sp. ș.a.).

*Stipul* (stipes, caudex columnaris), este o tulpină înaltă de forma unei coloane; este în general neramificată și are o durată de vegetație de mai mulți ani. Vîrful său este ocupat de un mugure din care se dezvoltă un buchet de frunze. Tulpina este în întregime acoperită cu părți din pețiolurile frunzelor căzute (palmieri, cicadee, ferigi arborescente ș.a.).

b) **Tulpinile articulate** (caules articulati) sînt caracterizate prin internodurile lor lungi, ceea ce face ca frunzele lor să fie îndepărtate unele de altele. Din această categorie fac parte:

*Culmul* sau *paiul* (culmus). Este o tulpină simplă cu internodurile fistuloase (grîu) sau umplute (porumb). De multe ori nodurile sînt umflate. În unele cazuri umflăturile sînt datorate bazei foliare. Durata de vegetație a acestor tulpini este în general scurtă. Tulpina de la bambusee, asemănătoare trestiei se deosebește de pai prin aceea că este ramificată și de lungă durată.

**Calamus**-ul este un tip de tulpină asemănătoare culmului; se deosebește de acesta din urmă prin aceea că nu are noduri umflate și este în general plin, măduva este spongioasă, iar frunzele sînt dispuse la bază (*Juncus* sp., *Scirpus* sp., *Cyperus* sp. ș.a.).

**Caulis**-ul. Se dă numele de *caulis* oricărei tulpini verzi, moi, puțin sclerificate, fie că este sau nu fistuloasă. Acest tip de tulpină este caracteristic pentru plantele ierboase anuale sau bisanuale (*Umbelliferae, Labiatae, Compositae*).

**Scapul** (scapus) se deosebește de caulis prin aceea că prezintă un singur internod lung și complet lipsit de frunze.

Caulis-ul și scapul sînt de multe ori o continuare a caudex-ului, sau a unei tulpini subterane, ca la *Tulipa* sp., *Taraxacum* sp., *Primula officinalis* ș.a.).

**Trunchiul**. Se dă numele de trunchiu oricărei tulpini lemnoase cu creștere secundară periodică în grosime. Trunchiurile sînt în general tulpini ramificate; ramificațiile pot fi articulate sau nearticulate.

Dacă se ia în considerare consistența lor, tulpinile pot fi: *ierboase, cărnoase* și *lemnoase*.

Dacă se are în vedere forma lor externă tulpinile pot fi: *cilindrice, comprimate* sau *prismatice* (cu trei, patru sau mai multe muchii: *Cyperaceae, Rubiaceae, Labiatae*). Tulpinile mai pot fi *brăzdate* (sulcate), cînd suprafața lor este prevăzută cu dungi longitudinale; *striate*, cînd dungile sînt foarte fine. În sfîrșit, tulpinile mai pot fi *aripate*, cum este cazul la unele *Fabaceae* (*Genista* sp., *Lathyrus* sp. ș.a.) (fig. 127).

După orientarea lor în spațiu tulpinile supraterane pot fi împărțite în *tulpini ortotrope* și *tulpini plagiotrope*.

a) **Tulpinile ortotrope** sînt caracterizate prin geotropismul lor negativ. Ele pot fi *drepte* sau *urcătoare*.

*Tulpinile drepte* (caules erecti) le găsim la marea majoritate a plantelor; ele sînt caracterizate printr-un stereom puternic care le permite să rămînă drepte.

După cum vîrful acestor tulpini este mai mult sau mai puțin curbat există tulpini cu vîrful puțin adus într-o parte (caulis cernuus), cum se cunoaște la *Helianthus annuus*. La unele tulpini vîrful este chiar destul de mult îndreptat în jos (caules nutans), cum se întîlnește la *Salvinia natans, Silene nutans* ș.a.

Fig. 127. Tulpini aripate (cladodii): *1 — Lathyrus sativus; 2 — Genista sagittalis* (d. I. Grințescu).

În unele cazuri tulpinile sînt numai în parte și anume către bază plagiotrope, spre vîrf însă tulpina își schimbă direcția și devine *erectă* (*Veronica officinalis, Stellaria nemorum* ș.a.). În cazul cînd schimbarea direcției se produce brusc la un nod, atunci tulpina se numește *geniculată* (*Alopecurus geniculatus*).

*Tulpinile urcătoare* (caules scandentes). Acestea, cu toate că au un heliotropism pozitiv, sînt prea slabe ca să se poată menține în poziție dreaptă și este necesar să se fixeze de un suport. Tulpinile urcătoare pot fi de două feluri și anume: *agățătoare* și *volubile*.

*Tulpini agățătoare* sînt tulpini care se agață cu ajutorul unor organe, mai mult asu mai puțin specializate, de altă plantă, de garduri, de ziduri sau de orice suport pe care îl pot ajunge. Unele plante agățătoare sînt caracterizate numai prin însușirea ce au de a se rezema pe alte plante cu ajutorul ramurilor lor normale. Se produce adesea o împletire de ramuri (caules plectantes), ca la *Solanum dulcamara*, diferite specii de *Rubus* și *Rosa*.

Alte plante agățătoare se agață cu ajutorul unor spini. emergențe sau peri în formă de cîrlige (caules adligati), cum este cazul la *Galium aparine, Rubia tinctorum, Calamus rotang*. Numeroase plante agățătoare sînt prevăzute cu *cîrcei* (caules cirrhosi). Cîrceii pot fi ramuri, frunze sau pețioluri transformate. La vița de vie cîrceii sînt de origine caulinară; la *Parthenocissus quinquefolia*, vîrfurile cîrceilor se transformă în ventuze adezive (fig. 128).

La *Bryonia dioica* (fig. 129) și la *Pisum sativum*, cîrceii sînt din contră de origine foliară. La *Tropaeolum* și la *Clematis vitalba* agățarea se face cu ajutorul pețiolurilor foliare. În sfîrșit, la unele orchidacee agățătoare (*Vanilla* sp.) agățarea se face prin rădăcini transformate în cîrcei.

Este interesant de știut cum se face fixarea prin cîrcei la *Bryonia dioica*. La început cîrcelul este drept; îndată ce atinge un suport se produce o diferență de creștere între partea ce atinge suportul și partea opusă, ceea ce determină o îndoire înspre suport; este începutul învîrtirii cîrcelului. Într-un timp relativ scurt, toată extremitatea cîrcelului se învîrtește în jurul suportului. Excitația se transmite însă mai departe, de-a lungul cîrcelului, care în același timp și crește. De aici



©PrezAdmin 2013

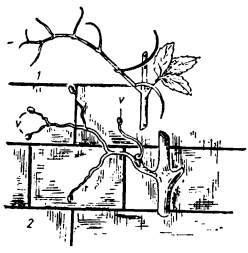



Fig. 128. *Parthenocissus quinquefolia*:
*1* — înainte de fixare; *2* — după formarea ventuzelor și fixarea pe zid: *v* — ventuze adezive (d. I. Grințescu).

Fig. 129. Circel de *Bryonia dioica*:
*s* — suport; porțiunea *a*, *b* se înfiletește într-un sens, porțiunea *b*, *c* se înfiletește în alt sens; *b* — zonă neutră (d. I. Grințescu).

rezultă o înfiletire în elice care se continuă de la punctul de atingere înspre plantă. La baza cîrcelului se produce de asemenea o înfiletire. Organul se înfiletește la cele două extremități, însă înfiletirea de la bază se face în sens invers, de unde rezultă o zonă neutră la mijloc. Cu alte cuvinte, se produce un fenomen analog ca și atunci cînd se răsucește un fir legat la ambele capete.

Dacă se examinează o secțiune transversală a unui cîrcel de *Bryonia* (fig. 130) se observă că pe partea concavă țesuturile își păstrează natura lor parenchimatică, în timp ce pe partea convexă se observă o bandă de sclerenchim dispusă la partea externă a arcului format de fasciculele libero-lemnoase. De fapt, structura unui asemenea cîrcel este aceea a unui pețiol. Procedînd la fel cu un cîrcel de la viță de vie vom remarca, din contră, că acesta prezintă caracterul structurii unei ramuri.

Tot de tulpinile agățătoare aparțin și tulpinile care se fixează de suport prin rădăcini adventive scurte (caules radicantes), cum este cazul la *Hedera helix*, *Tecoma radicans* ș.a.

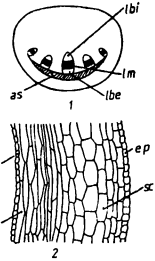



Fig. 130. Secțiune într-un cîrcel de natură foliară de la *Bryonia dioica*:
*1* — secțiune transversală; *2* — secțiune longitudinală într-un cîrcel tînăr; *as* — arc sclerenchimatic; *ep* — epidermă; *lbe* — liber extern; *lbi* — liber intern; *lm* — lemn; *sc* — scoarță (d. I. Grințescu).

Fig. 131. Tulpini volubile:
*1 — Humulus lupulus; 2 — Convolvulus arvensis* (d. I. Grințescu).

*Tulpini volubile.* Acestea au însușirea de a se ridica învîrtindu-se în jurul altei tulpini sau în jurul unui suport. La început, adică atîta timp cît sînt încă tinere, aceste tulpini prezintă o creștere ortotropă; după un anumit timp însă vîrful lor începe să se miște descriind un cerc. Această mișcare numită *nutație rotatorie*, durează pînă cînd planta atinge un suport vertical împrejurul căruia se învîrtește. La acest efect contribuie, în afară de mișcarea rotatorie și geotropismul negativ al tulpinii.

Este interesant de observat și faptul că tulpinile volubile nu numai că se învîrtesc în jurul unui suport dar se și răsucesc.

Învîrtirea tulpinilor volubile se poate face înspre dreapta, adică în același sens cu mersul acelor de la ceasornic (*Humulus lupulus*, fig. 131, *Polygonum convolvulus* ș.a.).

În cele mai multe cazuri învîrtirea se face însă în sens invers, ca la *Convolvulus arvensis* (v. fig. 131), *Phaseolus coccineus*. *Aristolochia macrophyla* ș.a. Există și plante volubile ale căror tulpini se învîrtesc cîtva timp într-un sens și apoi își schimbă direcția învîrtindu-se în sens contrar (*Bowiea volubilis*, *Loasa lateritia* ș.a.). La plantele volubile se mai observă că între diametrul suportului și diametrul unui circuit există o anumită corelare. Dacă această condiție nu este îndeplinită, planta nu se învîrtește.

Cît privește plantele lemnoase volubile (lianele), acestea prezintă o structură anatomică particulară care ușurează mișcările de învîrtire.

*Torsiunea tulpinii*. Cînd la o tulpină creșterea țesuturilor superficiale este mai pronunțată decît aceea a țesuturilor profunde, se produc tensiuni. Țesuturile exterioare neputîndu-se încreți caută un mijloc spre a micșora tensiunea, crescînd în totalitatea lor în spirală. Ca rezultat final are loc o torsiune. Efectul este exact același ca și cînd am fixa extremitatea unei tulpini și s-ar răsuci capătul opus. Asemenea torsiuni sînt dealtfel frecvente nu numai la plantele volubile, dar și la arbori.

b) **Tulpinile plagiotrope** (caules procumbentes), sînt caracterizate prin aceea că stereomul lor, puțin dezvoltat, nu le permite să stea drept, din care cauză stau culcate pe pămînt. Tulpinile plagiotrope sînt lipsite de geotropism. Din această categorie fac parte mai ales plantele zise *prostrate*, adică acelea ale căror tulpini și ramuri stau culcate pe pămînt. (*Veronica prostrata*, *Thymus serpyllum*). La *Tradescantia virginica* o plantă cultivată în apartamente, tulpina atîrnă (caulis pendulus).

În sfîrșit la *Lysimachia nummularia* (fig. 132) fața tulpinii care este în contact permanent cu pămîntul (caulis repens) va da naștere la rădăcini adventive fixatoare



BCU Cluj / Central University Library Cluj

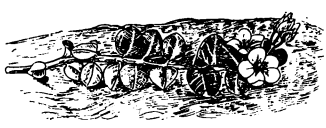


Fig. 132. Tulpină tîrîtoare de *Lysimachia nummularia* (d. I. Grinţescu)

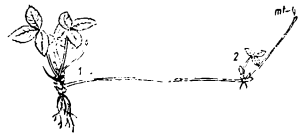



Fig. 133. Tip de plantă stoloniferă (*Fragaria vesca*):
*1* — planta mamă; 2 — plantulă legată de planta mamă printr-un stolon; *mt* — mugure terminal (d. I. Grinţescu).

şi absorbante. Numeroase alte plante ierboase au tulpini repente: *Glechoma hederacea*, *Ranunculus repens*, *Fragaria vesca* (fig. 133) ş.a. La aceste două din urmă se observă că pe lîngă ramurile tîrîtoare numite *stoloni* (sarmenta), există tulpini drepte, singurele tulpini florifere. Dacă se compară structura stolonilor cu accea a tulpinilor drepte, se constată că stereomul stolonilor este mult mai redus decît al tulpinilor drepte; stolonii reprezintă organe de înmulţire vegetativă.

## 3.2.7. Tulpini metamorfozate

La foarte multe plante forma tulpinii rezultă şi din adaptarea la condiţiile speciale ale mediului. Adesea se constată că tulpinile îndeplinesc funcţiuni noi în timp ce funcţiile primare pot deveni secundare.

### 3.2.7.1. Tulpini supraterane, asimilatoare

La unele plante sistemul foliar fiind mai mult sau mai puţin redus, funcţia asimilatoare este îndeplinită de tulpină. Acest caz este întîlnit la *plantele suculente*. Tulpinile cărnoase ale acestor plante sînt alcătuite în mare parte din ţesuturi parenchimatice acvifere, bogate în apă şi substanţe mucilaginoase. În timp ce ţesuturile superficiale sînt bogate în cloroplaste; frunzele acestor plante sînt general solziforme.

Tulpinile plantelor suculente pot fi mai mult sau mai puţin comprimate, ca la *Opuntia* sp. (fig. 134), cilindrice sau prismatice, ca la *Euphorbia* sp., sau de formă sferică, ca la *Echinocactus* sp.

La plantele suculente care trăiesc în pustiuri sau zone aride tulpina şi ramurile au culoare verde intens, fiind singurele organe asimilatoare.

Datorită adaptării la aceleaşi condiţii de viaţă, multe plante din genuri şi familii diferite au organele analoage convergente, asemănătoare prin anumite particularităţi morfologice (*Cactaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asclepiadaceae*, ş.a.).

Un tip mai rar întîlnit de tulpină asimilatoare îl reprezintă *cladodiile* (gr. *klados* = ramură tînără; *eidos*-) ramuri sau tulpini cu creştere nedeterminată, puternic turtite care au preluat funcţia asimilatoare a frunzelor (*Genista sagittalis*) (v. fig. 127).

Ramurile cu înfăţişarea foliară, dar cu creşterea limitată sînt numite *filocladii* (gr. *phyllon*-; *klados*-). Ele se aseamănă foarte mult cu frunzele adevărate; structura



CarteAgro 2013

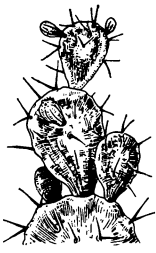


Fig. 134. Tip de tulpină suculentă cu ramuri turtite (*Opuntia monacantha* (d. l. Grinţescu).

lor nu lasă însă nici o îndoială în ceea ce priveşte originea lor caulinară. Întîlnim filocladii la *Ruscus aculeatus, Phyllanthus speciosus* ş.a. (fig. 135); frunzele la aceste plante sînt scvamiforme.

Peţiolurile sau rahisul frunzelor la anumite plante se modifică căpătînd înfăţişarea unor frunze. Astfel de organe metamorfozate se numesc *filodii* (gr. *phyllon-*; *eidos-*).

La *Acacia melanoxylon* (v. fig. 135) se observă toate formele de trecere de la frunza compusă normală la frunza transformată în întregime în filodiu.

**Tulpini virgate** (lat. *virgatus* = de forma unei vergi) sînt tulpini asimilatoare cu internoduri lungi, verzi şi relativ subţiri, care au frunze mici solziforme. Printre papilionacee, se întîlnesc exemple tipice de astfel de tulpini (*Sarothamnus* sp., *Spartium* sp., *Ulex* sp. ş.a.). O modificare a acestui tip de tulpini asimilatoare prevăzute cu frunze mici dispuse în verticil se întîlneşte la *Equisetum* sp., *Ephedra distachya*, *Casuarina* sp. ş.a. Tulpinile *juncoide* sînt caracterizate prin aceea că sînt lungi, subţiri şi cilindrice. Acest tip de tulpini asimilatoare îl întîlnim la unele hidrofite (*Juncus* sp., *Cyperus* sp. ş.a.).

**Tulpini tuberizate**. La unele plante depozitarea substanţelor de rezervă se face în tulpină. Un exemplu tipic de tulpină tuberizată îl constituie *Brassica oleracea* f. *gongylodes* rezultată din tuberizarea mai multor internoduri. La *Orchidaceae* (*Coelogyne cristata, Cymbidium* sp., *Dendrobium* sp., *Odontoglossum* sp., ş.a.), tuberizarea se produce asupra unuia sau mai multor internoduri de la baza tulpinii (fig. 136).

Fig. 135. Filocladii şi filodii:
1 — filocladiu de *Ruscus aculeatus*; 2 — filodii de *Acacia melanoxylon: fd* — filocladiu: *fi* — filodiu; *fl* — floare; *fr* — frunze reduse (d. l. Grinţescu).



Digitized by Arhiva 2013

Fig. 136. Tulpină tuberizată de *Brassica oleracea* f. *gongylodes* (d. I. Grinţescu).

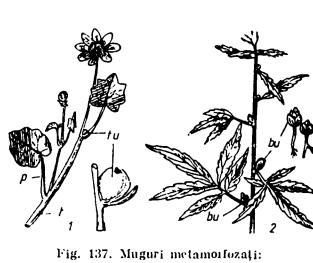



Fig. 137. Muguri metamorfozaţi: *1* — tubercule la *Ficaria verna*; *2* — bulbile la *Dentaria bulbifera*; *bu* — bulbile; *p* — peţiol; *t* — tulpină; *tu* — tuberule (d. I. Grinţescu).

Se cunoaşte şi cazul unor palmieri în trunchiul cărora se adună cantităţi considerabile de substanţe de rezervă. În trunchiul palmierului *Metroxylon rumpfii* se adună o substanţă amidonoasă, numită *sago*, care este întrebuinţată în alimentaţie.

**Tuberule. Bulbile.** La unele plante mugurii se transformă în *tuberule* sau în *bulbile* al căror rol este acelaşi ca şi al stolonilor.

La *tuberule* (lat. *tuberogemma* = tuberul) tuberizarea se produce asupra axei mugurelui axilar; din frunzuliţele mugurelui nu mai rămîn decît urme (*Ficaria verna*, fig. 137). La *Polygonum viviparum*, *Allium* sp., ş.a. tuberulele provin din tuberizarea mugurilor florali.

La *bulbile* (lat. *bulbogemma* = bulbil) tuberizarea se produce asupra frunzuliţelor ce alcătuiesc mugurii axilari (*Dentaria bulbifera*, v. fig. 137). La *Poa bulbosa* var. *vivipara* mugurii florali sînt transformaţi în bulbile. Plantele ce au însuşirea de a produce bulbili florali se numesc plante *vivipare*.

Într-o anumită perioadă de vegetaţie atît tuberulele cît şi bulbilele se detaşează de planta mamă, cad pe pămînt şi se înrădăcinează.

**Ramuri transformate în spini** (spina caulina). La glădiţă, porumbar, păr pădureţ ş.a. tulpina şi ramurile sînt prevăzute cu rămurele scurte, simple sau ramificate, care se termină cu cîte un spin. La *Prunus spinosa* aceste ramuri transformate în spini mai au încă vreo cîteva frunzuliţe şi muguri.

### 3.2.7.2. Tulpini subterane

Sînt caracteristice plantelor ierboase perene; unele din ele se aseamănă cu rădăcinile din care cauză adesea sînt greu de deosebit. Din punct de vedere al aspectului general se deosebesc următoarele tipuri de tulpini subterane: *rizomi*, *tuberculi* şi *bulbi*.

**Rizomii** sînt tulpini alcătuite din internoduri scurte, numite şi microblaste; uneori internodurile sînt lungi în care caz vorbim de macroblaste.

Rizomii, spre deosebire de rădăcini prezintă muguri la subsuoara unor frunze rudimentare (solzuri) şi nu au niciodată piloriză. Rizomii se deosebesc însă fundamental de rădăcini prin structura lor internă, care este aceea a tulpinilor.

În rizom planta depozitează materii hrănitoare de rezervă; el reprezintă singura parte vivace a plantei.

Rizomii sînt în general prevăzuţi cu rădăcini adventive şi frunze rudimentare. Rizomii care ajung la suprafaţa solului au frunze verzi şi o structură normală.



Digitized by Arhiva pentru Educație 2019

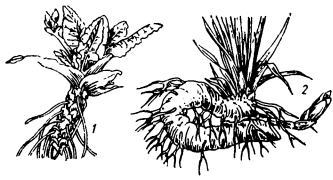


Fig. 138. Tipuri de rizom:
1 — ortotrop la *Primula officinalis*;
2 — șerpuitor la *Polygonum bistorta* (d. I. Grințescu).

După simetria lor, rizomii sînt *bilateral — monosimetrici*; mai rar sînt *radiali*. După direcția de creștere, rizomii pot fi *ortotropi* sau *plagiotropi*.

Rizomii ortotropi sînt în general microblaste (*Primula* sp., fig. 138, *Taraxacum* sp., ș.a.), cei plagiotropi pot fi orizontali (*Iris* sp., *Acorus* sp., *Oxalis* sp.), sau oblici (*Convallaria majalis, Typha* sp); uneori sînt drepți (rhizoma rectum), de exemplu rizomii de la *Anemone nemorosa*; alteori sînt șerpuitori (Rhizoma flexum), sau iau forma unui S (rhizoma bistortum), cum sînt de exemplu rizomii de la *Polygonum bistorta*.

După forma lor pot fi: cilindrici, comprimați, tuberiformi (*Iris germanica*) sau filiformi (*Convallaria majalis*). Sînt plante la care nu este mare deosebire între rizom și tulpina aeriană; este cazul labiatelor rizomifere: *Lamium album, Mentha piperita* ș.a. În alte cazuri rizomii sînt lipsiți de frunze și se aseamănă mai mult cu rădăcinile (*Corallorrhiza, Epipogium* ș.a.).

După cum ramurile florifere iau naștere din mugurii axilari sau din mugurii terminali, se pot deosebi două tipuri de rizomi și anume: rizomi cu ramificație *monopodială* (rhizoma indefinitum) și rizomi cu ramificație *simpodială* (rhizoma definitum). La cei dintîi rizomul se lungește prin mugurele său terminal, în timp ce ramurile florifere iau naștere din muguri axilari. În acest caz rizomul rămîne continuu în pămînt (permanent geofil) și are o creștere indefinită. (*Paris quadrifolia, Majanthemum bifolium, Convallaria majalis, Oxalis acetosella* ș.a.). La rizomii cu ramificație simpodială tulpina floriferă ia naștere din mugurele terminal; în acest caz vîrful rizomului iese în afară din pămînt în fiecare an iar rizomul se prelungește prin ramurile provenite din dezvoltarea mugurilor axilari; creșterea rizomului este prin urmare definită. La *Polygonatum multiflorum* (fig. 139) se dezvoltă o tulpină floriferă la subsuoara unui solz; de la baza acestei tulpini se ivește un mugure axilar care va da naștere ulterior unei ramuri orizontale subterane. Primăvara, vîrful acestei ramuri va ieși la suprafața solului formînd o tulpină floriferă. Ramificația se repetă

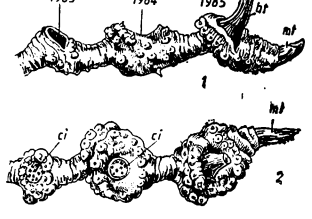



Fig. 139. Rizom simpodial la *Polygonatum multiflorum*:
1 — văzut din profil cu indicarea anilor: *bt* — baza tulpinii florifere; *ci* — cicatrice (pecetă); *mt* — mugure terminal (d. I. Grințescu).



CărțiAzi 2013

astfel în fiecare an. Toamna tulpinile florifere se usucă și cad. Cicatricele lăsate prin căderea tulpinilor florifere sînt destul de clare pentru a permite determinarea virstei rizomului. Rizomi asemănători se întîlnesc la *Acorus calamus*, la unele *Liliaceae*, *Iridaceae*, *Cyperaceae* etc.

La *Iris germanica* și *Polygonatum multiflorum* articolele ce alcătuiesc rizomul simpodial trăiesc mai mulți ani. La *Iris* sp. și *Convallaria majalis* rizomii sînt ramificați.

Uneori rizomii sînt scurți, din cauză că articolele vechi putrezesc, pe măsură ce se formează altele noi. În sfîrșit, la cei axilari, sînt apărați de cîteva scvame subțiri. La ferigi în special mugurii rizomului sînt prevăzuți cu numeroase scvame.

Dimensiunea rizomilor este variabilă datorită gradului de rezistență a părților componente care dau naștere altora noi numai după putrezirea celor din anii precedenți.

**Stoloni subterani** (soboles). În general se înțelege prin stoloni subterani niște ramificațiuni lungi, subțiri, cu internoduri lungi și noduri puțin umflate; în dreptul nodurilor se formează rădăcini adventive. În general stolonii nu sînt decît ramificațiuni ale rizomilor. Ei servesc la înmulțirea și răspîndirea plantei și au menirea de a îndepărta cît mai mult plantulele noi de planta mamă.

Plantulele pot lua naștere fie din mugurii terminali, fie din cei axilari (*Equisetum*, *Agropyron repens*, *Convallaria majalis*).

La cartof, mugurii terminali ai stolonilor se tuberizează.

**Tuberculii**. Sînt în general microblaste groase și bogate în materii de rezervă. Frunzele lor sînt reduse la niște solzi, mai mult sau mai puțin evidenți.

Un tubercul poate proveni din tuberizarea numai a unei părți dintr-o ramură subterană (stolon), sau provine din tuberizarea vîrfului acestuia sau a mugurilor axilari cum este cazul la cartof (fig. 140). La acesta formarea tuberculilor este favorizată de obscuritate. În alte cazuri tuberculul mai poate proveni din tuberizarea hipocotilului subteran (*Raphanus*, *Cyclamen*, *Corydalis*) sau a epicotilului subteran (*Testudinaria*). La formarea tuberculului de la *Bryonia dioica* contribuie atît axa hipocotilă cît și rădăcina primară. La suprafața unui tubercul de cartof observăm niște gropițe în care se află cîte un mic mugure sau ochi (v. fig. 140). Pe marginea fiecărei gropițe se văd urmele unei frunze. La tuberculii tineri se pot însă observa frunze rudimentare în formă de solzi triunghiulari. Dacă se lasă un tubercul de cartof să se dezvolte la lumină, se observă că solzii iau o dezvoltare mai mare, transformîndu-se în adevărate frunze. Pe tuberculul de cartof se mai observă o cicatrice,

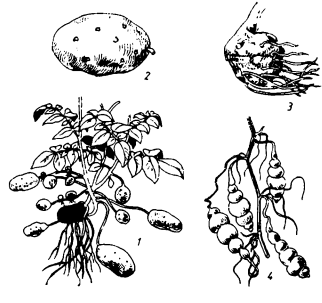



Fig. 140. Diferite tipuri de tubercul: *1, 2 — Solanum tuberosum; 3 — Helianthus tuberosus; 4 — Stachys sieboldii* (d. I. Grințescu).

sau un cordon care nu este altceva decît un rest din stolonul subteran al plantei mame. Prin acest cordon s-au scurs substanţele nutritive amidonoase ce s-au depozitat în tubercul.

Făcînd o secţiune într-un tubercul de cartof remarcăm natura sa caulinară. Partea care se dezvoltă mai mult la un tubercul de cartof este parenchimul medular, devenit aici ţesut de depozitare. Materia de rezervă ce se adună în tuberculul de cartof este *amidonul*. Tuberculii de la *Stachys sieboldii* (v. fig. 140) sînt alcătuiţi dintr-un număr restrîns de internoduri; dintre acestea cele de la mijloc sînt mai voluminoase. La fiecare sugrumătură (nod), observăm doi solzi dispuşi faţă în faţă; la subsuoara fiecărui solz se găseşte cîte un mugure mic. Toamna tulpinile supraterane se usucă şi cad iar tuberculii iernează în pămînt. Primăvara tuberculii crosnelor „încolţesc" formînd tulpini aeriene întocmai ca şi tuberculii de cartof. Materia de rezervă ce se adună în măduva acestor tuberculi este *stahioza* (tetrazaharidă).

Tuberculii de la *Helianthus tuberosus* (v. fig. 140) sînt de formă neregulată. La suprafaţa lor se observă nişte linii transversale care sînt urmele scvamelor. Spre deosebire de cartof şi crosne, materiile de rezervă ale acestei plante se depozitează în parenchimurile (liberian şi lemnos) secundare, iar materia de rezervă depozitată este *inulina*.

Interesantă este tuberizarea ce se produce la *Raphanus sativus*. Aici axa hipocotilă, subţire la început, se îngroaşă în timpul dezvoltării sale. Din cauza tensiunilor ce se produc, epiderma şi straturile exterioare ale scoarţei plesnesc şi se deslipese de restul tulpinii; urmele acestor ţesuturi atîrnă încă mult timp ca nişte zdrenţe la suprafaţa tînărului tubercul. Tuberculul de la ridiche provine deci dintr-o tuberizare parţială a axei hipocotile şi anume a ţesuturilor interioare ale acestui organ.

Oricum ar fi ei însă alcătuiţi, tuberculii constituie un mijloc de înmulţire vegetativă.

**Bulbo-tuberul (bulbo-tubercul)** este un tubercul învelit în frunze (tunici) uscate. Primăvara aceste organe dau naştere unei tulpini florifere, iar mai tîrziu unui nou bulbo-tuber. Acesta din urmă se poate forma sau la subsuoara unei frunze (*Colchicum* sp.) sau la vîrful bulbo-tuberului mamă ca la *Crocus* sp. (fig. 141); la *Gladiolus* sp. la nivelul bulbo-tuberului se diferenţiază rădăcini adventive contractile. La *Crocus sativus*, bulbo- tuberul dă naştere primăvara la o tulpină aeriană, deci asemenea unui bulb; mugurele terminal formează în urma tuberizării sale un nou bulbo-tuber care se va dezvolta în anul următor. Bulbo-tuberul poate fi considerat ca o formă de trecere dintre tubercul şi bulb. La această formă se constată o asemănare cu bulbii în ce priveşte aspectul exterior şi cu tuberculii în ce priveşte structura.

**Bulbii** sînt microblaste cu frunze cărnoase. La bulbi, spre deosebire de tuberculi, materiile nutritive de rezervă şi apa se adună în frunze.

La un bulb putem deosebi *axa* sau *inima* bulbului şi frunzele. Frunzele externe pot fi uscate şi servesc numai ca organe de apărare (tegumentae bulbi); frunzele

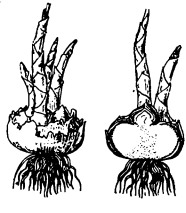


Fig. 141. Bulbo-tuber de la *Crocus sativus*; la dreapta, în secţiune (d. I. Grinţescu).



BCU Cluj Addenda 2019

interne sînt cărnoase (squame bulbi). La alcătuirea multor bulbi iau parte şi tecile frunzelor normale (vaginae), aşa este cazul la *Allium cepa*. La această specie bulbul, în secţiune longitudinală, apare format dintr-o tulpină modificată, numită *disc*, pe care se formează rădăcini adventive cu care se fixează de substrat şi frunze cărnoase în care se acumulează substanţele de rezervă.

La subsuoara frunzelor se pot forma muguri (*Hyacinthus* sp.). În unele cazuri mugurii devin bulbişori sau bulbului (*Muscaria racemosum*, *Allium sativum*). La acesta din urmă există un tip de bulb numit *multiplu*. Aici mugurii axilari se tuberizează, constituind *bulbişori*, în limbaj popular „căţei" în care se depozitează materiile de rezervă. Puşi să „încolţească", bulbii dau naştere la numeroase rădăcini adventive care se formează pe discul sau baza axei.

După modul de diferenţiere a tulpinii florifere se deosebesc bulbi cu creştere simpodială şi bulbi cu creştere monopodială. În primul caz tulpina floriferă se formează din mugurele terminal, iar cei axilari formează *bulbi de înlocuire*, ca la *Tulipa gesneriana*, *Scilla bifolia*. În al doilea caz, tulpina floriferă se dezvoltă dintr-un mugure axilar, iar din mugurele terminal se formează bulbul de înlocuire ca la *Narcissus* sp., *Galanthus nivalis* ş.a.

Cele mai multe specii bulbifere aparţin familiilor *Liliaceae*, *Iridaceae* şi *Amaryllidaceae*.

După cum bulbii sînt alcătuiţi numai din tunici sau numai din scvame (solzi), se pot deosebi două tipuri de bulbi şi anume: *bulbi tunicaţi* şi *bulbi scvamoşi*.

**Bulbul tunicat** (bulbus tunicatus) este caracterizat prin aceea că frunzele sale (tunicile) sînt mari şi se acoperă complet unele pe altele (fig. 142). În secţiune transversală bulbul tunicat prezintă o structură concentrică. Tunicile externe sînt membranoase, uscate şi de culoare brună; ele au rol protector. Tunicile interne sînt groase şi încărcate cu materii de rezervă (zaharuri). Frunzele cele mai interioare sînt mai subţiri; în timpul vegetaţiei acestea din urmă vor da naştere frunzelor supraterane. Axa unui asemenea bulb se termină cu o inflorescenţă.

În timpul vegetaţiei tunicile cărnoase se golesc treptat de apă şi de materiile de rezervă, în timp ce un mugure axilar, devenit bulbişor, va da naştere unui nou bulb, de unde şi numirea de *bulb de înlocuire* (*Allium cepa*, *Hyacinthus orientalis*, *Tulipa gesneriana*, *Scilla bifolia* ş.a. au bulbi tunicaţi).

Bulbul de ceapă nu formează bulbi de înlocuire, aşa că la sfîrşitul anului al doilea de vegetaţie, adică după ce a făcut seminţe, planta moare.

În bulbii unei *Aroideae* (*Sauromatus* sp.) cantităţile de apă şi de materii de rezervă sînt atît de mari încît ajung să întreţină viaţa plantei, pe toată perioada ei de vegetaţie.

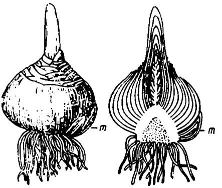



Fig. 142. Bulbul de la *Hyacinthus orientalis*: la dreapta, în secţiune: *m* — mugure de înlocuire (d. I. Grinţescu).

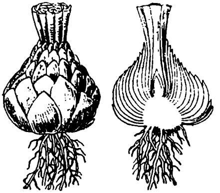


Fig. 143. Bulbul de la *Lilium candidum*: la dreapta, în secţiune (d. I. Grinţescu).

**Bulbul sevamos** (bulbus squamosus) este alcătuit din frunze mai mici și mai înguste; acestea se acoperă unele pe altele întocmai ca niște solzi. Frunzele unui bulb sevamos sînt cărnoase (fig. 143).

*Lilium candidum, Lilium martagon* ș.a. au bulbi sevamoși.

Între rizomi, tuberculi și bulbi există numeroase forme de trecere.

**Bulbile subterane**. Bulbilele subterane sînt formațiuni pe care le întîlnim mai rar (*Saxifraga granulata*).

În rezumat tulpinile subterane sînt adaptate a servi ca organe de depozitare a materiilor hrănitoare de rezervă și fac ca plantele să persiste în timpul iernii.

### 3.2.7.3. Tulpini acvatice

Plantele acvatice constituie o categorie de plante caracterizate printr-o serie de trăsături particulare.

Ținînd seama de modificările determinate de factorul apă, *hidrofitele* (gr. *hydor, hydatos* = apă; *phyton-*) pot fi plante *submerse, natante* și *amfibice* (gr. *amfibios-*).

Unele plante acvatice plutesc în apă fără a fi fixate (caulis natans): *Lemna* sp., *Azolla* sp., *Salvinia natans* ș.a. (fig. 144) sau plutesc liber sub apă (caulis submersus): *Stratiotes aloides, Ceratophyllum* sp., *Utricularia* sp. ș.a. Alte plante acvatice sînt tot submerse, dar în același timp sînt fixate prin rădăcinile lor în nămolul din fundul bălților: *Myriophyllum spicatum, Elodea canadensis, Vallisneria spiralis* ș.a.

Există numeroase specii adaptate într-un grad mai mic la mediul acvatic; o bună parte din tulpina acestora se dezvoltă la suprafața apei (caulis emersus). La această categorie aparțin și așa-numitele plante *amfibii* (gr. *amphibios-*) care pot trăi atît în apă cît și pe uscat (*Isoetes lacustris, Marsilea quadrifolia, Callitriche* sp., *Elatine* sp., *Alisma plantago-aquatica, Polygonum amphibium, Batrachium aquatilie* ș.a.).

În general tulpinile acvatice prezintă unele particularități.

Tulpina de la *Myriophyllum* sp., *Elodea canadensis* ș.a., au țesutul cortical bine dezvoltat, străbătut de canale sau lacune aerifere. Se observă de asemenea o reducere a numărului de vase lemnoase; cît privește stereomul este de asemenea foarte redus.

Majoritatea plantelor acvatice sînt perene. La *Stratiotes aloides* tulpina cade toamna la fundul apei unde iernează sub formă de muguri hibernali. *Sagittaria sagittifolia* trece peste perioada de iarnă cu ajutorul tuberculilor formați la extremitatea stolonilor.

Cele mai multe plante acvatice iernează însă cu ajutorul mugurilor terminali (axilari), hibernali numiți și *hibernacule* (lat. *hibernaculum* = mugure apical hibernant): *Hottônia palustris, Utricularia* sp., unele specii de *Potamogeton* ș.a.

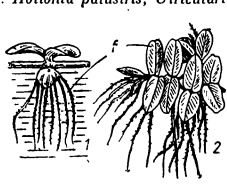



Fig. 144. *Salvinia natans*, plantă natantă: 1 — văzută din profil; 2 — văzută de sus; *f* — frunză transformată în organ de absorbție (d. I. Grințescu).

Mugurii hibernali sînt de formă rotundă sau ovală; ei pot fi terminali sau axilari. Uneori acești muguri se desprind toamna de planta mamă și iernează în nămol (*Potamogeton crispus*); alteori cad la fundul apei, odată cu tulpina plantei mame și nu se desprind decît primăvara cînd încep să „încolțească".

### 3.2.7.4. Tulpini reduse

La plantele parazite toate organele vegetative sînt mai mult sau mai puțin reduse. La *Cuscuta europaea* tulpina se prezintă în stadiul de plantulă cu două cotiledoane mici, la început asimilatoare, apoi acestea pierd facultatea de a asimila, se usucă și cad. Rădăcina de asemenea se usucă, rămîne numai tulpina ce se prezintă ca un fir subțire, de culoare galben-roșiatică care de abia dacă măsoară 1—2 mm în diametru. Aceasta crește mult în lungime, execută o serie de mișcări de nutație pînă se prinde de un suport (plantă autotrofă). După ce s-a prins de planta gazdă emite *haustori* cu ajutorul cărora își extrage substanțele hrănitoare. Parazitează pe diferite specii de: *Trifolium, Urtica, Cannabis*, pe *Humulus lupulus, Sambucus ebulus, Linum* sp., *Thymus* sp., *Solanum tuberosum* ș.a.

La *Orobanche* sp., și la *Lathraea squamaria* tulpina este bine dezvoltată. La unele plante parazite tropicale, cum sînt balanoforaceele, tulpina este redusă la un tubercul prevăzut cu cîteva scurte ramificații; uneori tulpina acestor plante parazitează direct pe rădăcina unor anumiți arbori fără haustorii diferențiate.

Din tubercul iau naștere inflorescențele, iar la unele specii se formează chiar în interiorul tuberculului.

La *Rafflesiaceae*, o altă familie de plante parazite, organele vegetative sînt reduse la cordoane filamentoase, care sînt complet înfundate în țesutul plantei gazdă iar la suprafață rămîn doar organele de reproducere, respectiv florile. Tulpina la aceste plante este extrem de redusă, ca niște firișoare subțiri, putînd pătrunde ușor în parenchimul cortical al plantei gazdă. În perioada cînd planta parazită trebuie să formeze un mugure floral tulpina filiformă se aglomerează treptat sub scoarță; aceasta se rupe în cele din urmă iar mugurele iese la lumina zilei. *Rafflesia arnoldii* din Sumatra, parazitează pe rădăcinile de *Cissus* sp.; bobocul floral ieșit din scoarța de *Cissus* este de mărimea unei verze.

Dintre plantele cu tulpini reduse din țara noastră menționăm speciile genului *Lemna* și *Wolffia arrhiza*. Aceste plante au tulpină taloidică, lipsită de frunze și mult redusă. *Wolffia arrhiza* este cea mai mică fanerogamă de la noi.

## 3.2.8. Vîrful vegetativ și originea ramurilor

Vîrful vegetativ al tulpinii reprezintă partea terminală, alcătuită numai din țesuturi meristematice din care se diferențiază sub formă de primordii frunzele și ramurile. Primordiile ramurilor se vor diferenția în ramuri propriu-zise care la rîndul lor vor avea partea apicală tot sub formă de vîrf vegetativ meristematic. Tulpina, cotiledoanele și rădăcina se formează simultan în momentul dezvoltării embrionului. La tulpină ca și la rădăcină, creșterea are loc la vîrf; această porțiune de creștere se numește *punct vegetativ* sau *vîrf vegetativ meristematic*.

La cele mai multe plante vîrful vegetativ este rotund; mai rar este de formă conică alungită. Uneori vîrful vegetativ este plan (*Huperzia selago*), sau ușor concav (în regiunea florală a compozitelor). Vîrful vegetativ al tulpinii se deosebește de acel al rădăcinii prin aceea că este mai simplu și lipsit de piloriză. La mușchi și la criptogamele vasculare creșterea se produce plecînd de la un meristem.

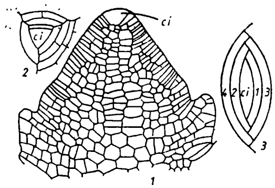



Fig. 145. Tipuri de celule inițiale:
1 — tetraedrică în tulpina de *Equisetum maximum* (în secțiune longitudinală); 2 — aceeași văzută de sus; 3 — celulă inițială bivalentă de *Salvinia natans*; cifrele indică ordinea formării succesive a celulelor segment: *ci* — celule inițiale (d. I. Grințescu).

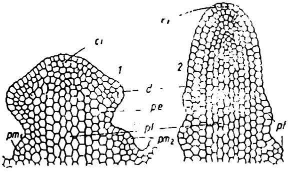



Fig. 146. Vîrful vegetativ al tulpinii (în secțiune longitudinală):
1 — *Ranunculus repens*; 2 — *Elodea canadensis*: *ci* — cele trei grupe de inițiale; *d* — dermatogen; *pe* — periblem; *pf* — primordiile frunzelor; *pl* — plerom; *pm* — primordiile mugurilor în ordinea dezvoltării lor (d. I. Grințescu).

La criptogamele vasculare, precum și la cei mai mulți mușchi frunzoși, celula inițială este în general de formă tetraedrică.

Pereții celulari noi se formează periclinal, urmînd totdeauna aceeași ordine. Celulele fiice, numite *segment*, continuă să se dividă prin pereți anticlinali.

La unele criptogame vasculare (*Salvinia* sp.) și la hepatice celula inițială este *bivalentă*, în acest caz segmentele se formează la dreapta și la stînga, în mod alternativ.

Din vîrfurile vegetative iau naștere mai întîi frunzele. La criptogamele vasculare anumite segmente, mai mult sau mai puțin îndepărtate de vîrful vegetativ, iau o dezvoltare mai mare, devin proeminente și formează primordiile frunzelor (fig. 145). La fanerogame frunzele apar la început sub forma unor mici *negi* sau *burleți* (fig. 146). În timp ce frunzele sînt încă în stadiul primordial, la subsuoara lor apar niște mici negi sau mameloane, care nu sînt altceva decît *primordiile ramurilor*. Uneori primordiile ramurilor se formează independent de frunze, acest caz însă este mai rar.

În tot cazul, spre deosebire de radicele, a căror origine este în general endogenă, frunzele și ramurile își au întotdeauna originea în țesuturile periferice ale vîrfului vegetativ; originea lor este deci *exogenă*.

Ramurile adventive își au originea în mugurii adventivi, iar la *Begonia* sp., de exemplu mugurii adventivi sînt de origine epidermică.

**Durata sistemului cauliniar.** Viața unei plante, ca individ, este strîns legată de rezistența tulpinii sale. La plantele care rodesc numai o dată în viața lor, tulpina este puțin rezistentă; durata vegetației lor este scurtă. Semințele lor sînt indivizi noi reprezentați de embrioni înconjurați de țesuturi trofice și țesuturi de apărare. La unele plante indivizii pier după o singură perioadă de vegetație. În această categorie de plante, numai embrionul din semințe asigură continuitatea speciei.

Un mare număr de plante s-a adaptat însă perioadelor climatice nefavorabile.

Dacă se ia în considerare durata vieții lor, plantele pot fi împărțite în următoarele grupe:

**Plante monocarpice** (haplobiotice). Din această grupă fac parte toate acele plante care fructifică numai o dată în viața lor. Plantele monocarpice pot fi subdivizate în: anuale, bienale și plurienale.

1. **Plantele anuale**, rodesc și mor în decursul unui an. La rîndul lor ele pot fi:

a) *plante efemere* (plantae ephemericae) cu o vegetație foarte scurtă, de cîteva săptămîni; se întîlnesc mai ales în regiunile polare, alpine și de deșerturi.

În clima temperată a țării noastre aceste plante se înmulțesc repede, dînd mai multe generații în decursul perioadei de vegetație: *Stellaria media*, *Veronica hederifolia* ș.a.

b) *Plante anuale de vară* (⊙ pl. annuae), cu o vegetație ceva mai lungă; germinează primăvara și mor toamna; iernează sub formă de semințe: *Linum usitatissimum*, *Nicotiana tabacum*, *Avena sativa* ș.a.

c) *Plante anuale de iarnă* (⊖); acestea germinează toamna, iernează cu o tulpiniță frunzoasă, iar primăvara următoare fructifică și apoi mor: *Triticum vulgare*, *Draba verna*, *Centaurium erythraea* ș.a.

2. **Plantele bienale** sau **bisanuale** (⊙⊙ pl. biennes), încolțesc primăvara și rodesc în anul al doilea; ele iernează în general cu o rozetă de frunze: *Beta vulgaris*, *Apium graveolens*, *Daucus carota*, *Verbascum* sp., multe umbelifere și composite.

3. **Plante plurienale** (pl. multenses); cu durata de viață de mai mulți ani; care înfloresc după mai mulți ani: *Cirsium* sp., *Verbascum* sp., *Agave americana* ș.a.

*Plante policarpice* (anabiotice). Aceste plante fructifică în fiecare an. Ele pot fi:

1. **Plante ierboase perene** ( lat. *perennis* = care trăiește mai mulți ani). Acestea sînt plante a căror tulpină este ierboasă sau puțin lignificată. După felul cum iernează, plantele ierboase perene pot fi:

a) *Plante ierboase permanente*, adică plante care iernează cu partea lor aeriană redusă la o rozetă de frunze (perinuțe, stoloni înrădăcinați, sau tecile frunzelor bazale); *Plantago major*, *Silene acaulis*, multe graminee, *Lysimachia nummularia*, *Musa paradisiaca* ș.a.

b) *Plante ierboase redivive* (renascente), adică acelea care iernează cu părțile lor geofile sub formă de rizomi, bulbi sau tuberculi: *Convallaria majalis*, *Hyacinthus orientalis*, *Orchis* sp., *Dahlia variabilis*, *Solanum tuberosum* ș.a.

2. **Plantele cu tulpini cărnoase**. Plantele cărnoase sînt adaptate să trăiască într-o climă cu perioade secetoase. Aceste plante, deși aparțin unor familii îndepărtate filogenetic, prezintă anumite asemănări în ce privește înfățișarea lor externă. Asemenea fenomene de convergență sînt firește datorate condițiilor de viață identice. Cactaceele, asclepiadaceele și euforbiaceele prezintă uneori interesante fenomene de convergență.

3. **Plantele lemnoase**. Sînt plante a căror tulpină este complet sau în mare parte lignificată. Plantele lemnoase pot fi subdivizate în:

a) *Semiarbuști* (semifrutices, suffrutices); acestea sînt plante la care, peste iarnă, numai partea lemnoasă de jos a tulpinii persistă; extremitățile ramurilor fiind ierboase, mor în fiecare iarnă. Semiarbuștii sînt considerați ca tipuri intermediare între plantele ierboase perene și arbuștii adevărați (*Salvia officinalis* ș.a.).

b) *Arbuștii* sau *tufele* (frutices); acestea sînt caracterizate prin aceea că sînt cu totul lemnoase. Se deosebesc însă de arbori prin faptul că se ramifică de la bază: *Berberis vulgaris*, *Evonymus europaeus* ș.a. *Arbuștii pitici* (fruticuli) sînt plante lemnoase de talie foarte mică: *Salix reticulata*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*. *Arbuștii epifiți*: *Viscum album*, *Loranthus europaeus*.

c. *Arborii* (arbores), au un trunchi care la o anumită înălțime se termină cu un buchet de frunze (arbori de tip monocotiledonat), exemplu *Phoenix dactylifera*, sau au trunchiuri care se desfac într-un sistem de ramificațiuni (arbori de tip dicotiledonat): *Quercus* sp., *Tilia* sp., ș.a. La gimnosperme predomină tipul monopodial regulat: *Araucaria* sp., *Abies* sp., *Picea* sp. ș.a.



©Predoiu 2013

*Observații.* Consistența ierboasă sau lemnoasă a tulpinilor supraterane este determinată de climat. Așa, de exemplu, în țările cu climat rece, predomină plantele ierboase; în țările cu climat cald, din contra, predomină plantele cu tulpini lemnoase. De asemenea, numărul speciilor lemnoase ce alcătuiesc pădurile circumpolare este foarte redus, în timp ce în pădurile tropicale numărul speciilor lemnoase este foarte mare.

Anumite regiuni ale globului, avînd un climat special, sînt caracterizate prin aspectul vegetației lor. Gerul intens și persistent de pe platourile înalte ale Alpilor, face, ca de la 2 500 m în sus să nu mai întîlnim decît plante ierboase sau numai arbuști piperniciți (*Juniperus communis* ssp. *nana, Rhododendron kotschyi, Salix alpina, Dryas octopetala* ș.a.).

La o altitudine ceva mai mică și în condiții de climă mai puțin riguroase încep să apară coniferele de talie mare: molidul și bradul, cu toate că și aceștia sînt organizați să înfrunte scăderi mari de temperatură precum și să suporte greutăți mari de zăpadă. În Europa centrală, datorită climatului caracterizat prin ierni aspre și veri relativ ploioase, predomină arborii cu frunze căzătoare. Aici întîlnim cele mai frumoase păduri de fag și stejar.

Cînd verile sînt secetoase, cum este în regiunea Mediteranei abundă arborii și arbuștii cu frunze persistente și pieloase: *Quercus ilex, Padus laurocerasus,* măslinul, leandrul, curmalul, ș.a., adică plante adaptate să transpire puțin.

În Mexic, precum și în alte regiuni ale globului unde plouă foarte puțin, se întîlnesc plante suculente și arbori adaptați să facă provizie de apă, ceea ce permite să suporte cele mai lungi perioade de secetă: *Cereus* sp., *Opuntia* sp., *Cactus* sp., *Agave* sp., *Aloe* sp., *Yucca filamentosa, Dracaena* sp. ș.a.

**Vîrsta arborilor.** Poate fi determinată cu destulă precizie după numărul inelelor anuale dintr-o secțiune transversală a trunchiului lor. Astfel s-a ajuns la părerea că *Tilia europaea* și *Quercus pedunculata* pot să trăiască pînă la 1000 de ani. La un tei din Lituania s-au numărat 815 inele anuale. În Europa centrală *Fagus sylvatica* ajunge să trăiască cam pînă la 250 ani; *Picea abies* de la 300 la 400 ani; *Abies pectinata,* de la 400 la 500 ani. În Alpii helvetici meridionali *Larix europaea* trăiește pînă la 700 ani, iar *Pinus cembra* între 800 și 1000 ani.

Printre arborii din jurul Mediteranei, *Castanea vesca* și *Olea europaea* ajung să trăiască pînă la 600—700 ani.

Cei mai bătrîni reprezentanți ai regnului vegetal s-au identificat în America de nord și în Africa occidentală. La un exemplar de *Sequoia gigantea* din California (patria lui de origine) s-au numărat peste 4000 de inele anuale. Un alt conifer american, *Taxodium mexicanum,* ajunge și el la vîrsta înaintată de 2000 ani. Baobabul (*Adansonia digitata*) un arbore african, *Taxodium* ș.a. dețin recordul în ce privește durata vegetației. *Dracaena draco* o liliacee arborescentă (monocotiledonată) din Africa occidentală și insulele Canare, atinge vîrsta de cca 200 ani.

## 3.2.9. Structura axei tulpinale

Studiul anatomic al tulpinii comportă două aspecte diferite: structura primară și structura secundară.

### 3.2.9.1. Structura primară a tulpinii

Într-o secțiune transversală făcută într-o tulpină tînără, se disting de obicei trei zone și anume: *epiderma, scoarța* și *cilindrul central* sau *stelul.*

**Epiderma** (gr. *epi-*; *derma-*) este în general alcătuită dintr-un singur strat de celule vii, de formă prismatică, regulate, strîns unite între ele, cu pereții externi îngroșați, cutinizați, cerificați. Celulele în mod obișnuit nu prezintă cloroplaste; unele se diferențiază în stomate, altele în peri.

**Scoarța** este alcătuită din mai multe straturi parenchimatoase. Straturile periferice conțin de obicei cloroplaste pe cînd straturile interne sînt incolore și servesc la înmagazinarea materiilor nutritive.

La tulpinile subterane toată scoarța este incoloră. La multe plante scoarța tulpinii conține și țesuturi de susținere (*colenchim* sau *sclerenchim*). În general țesuturile mecanice sînt așezate la periferia scoarței constituind plăci sau cordoane, adeseori proeminente.

La tulpinile terestre stratul cel mai intern al scoarței nu este diferențiat în mod deosebit; cînd este diferențiat acest strat se prezintă ca o *teacă amiliferă*. La tulpinile subterane și la cele acvatice, stratul cel mai intern al scoarței constituie o *endodermă* tipică.

La unele monocotiledonate, din cauză că fasciculele libero-lemnoase se găsesc în apropierea imediată a epidermei, noțiunea de scoarță este greu de aplicat.

**Cilindrul central** (stelul) (gr. *stele-*) este alcătuit dintr-un țesut parenchimatic, de obicei incolor. Partea esențială a cilindrului central o formează *fasciculele libero-lemnoase*.

În cazul cînd tulpina prezintă o endodermă, atunci de regulă putem deosebi și un *pericicl*u (gr. *peri-*; *kyklos-*) care poate fi alcătuit dintr-unul sau din mai multe straturi de celule cu caracter meristematic.

Din celulele pericicl*ului*, pot lua naștere noi celule de țesut parenchimatic, care alcătuiesc razele medulare primare. De asemenea din pericicl*u* se pot forma muguri adventivi, precum și rădăcinile adventive. În cazul în care pericicl*ul* este format din mai mult de două straturi de celule în mod obișnuit acestea se sclerifică.

La unele ferigi (*Lycopodium* sp.) există un singur fascicul libero-lemnos central: acesta este de tip radial. În schimb la *Equisetum* sp., la cele mai multe ferigi, la gimnosperme și la dicotiledonate fasciculele libero-lemnoase sînt dispuse în cerc. Întreg țesutul parenchimatos central, înconjurat de fascicule, se numește *măduvă*; în timp ce fișiile de țesut parenchimatic care separă fasciculele și leagă măduva cu pericicl*ul* constituie *razele medulare primare*.

La unele ferigi (*Pteridium* sp. ș.a.) precum și la dicotiledonate (*Cucurbita* sp., *Piper* sp., ș.a.) sînt două cercuri de fascicule libero-lemnoase; la alte plante *Amaranthus* sp., *Thalictrum* sp., ș.a.) sînt chiar mai multe cercuri.

Cu totul deosebit de aceste tipuri este tipul numit *monocotil*. La monocotiledonate fasciculele libero-lemnoase, văzute în secțiune transversală, sînt împrăștiate în mod neregulat pe toată suprafața secțiunii. Aici nu mai pot fi deosebite nici măduva nici razele medulare.

În ceea ce privește structura fasciculelor se deosebesc următoarele tipuri: într-o fasciculă primitivă, elementele lemnoase și cele liberiene sînt dispuse în alternanță, formînd o stea (dispoziție *radială*). Asemenea fascicule se găsesc în mai toate rădăcinile. În tulpină, fasciculele radiale se găsesc mai rar (*Lycopodiaceae* și în stolonii de *Nephrolepis*).

Tot atît de primitive, sau poate, din punct de vedere filogenetic și mai vechi, sînt fasciculele *concentrice*. Acestea pot fi *leptocentrice* sau *hadrocentrice*.

Fasciculele *leptocentrice* sînt alcătuite dintr-un cordon liberian înconjurat de un cilindru lemnos. Asemenea fascicule se găsesc la multe ferigi.

La fasciculele *hadrocentrice* cordonul din centru este lemnos, în timp ce cilindrul din afară este alcătuit din liber. Asemenea fascicule se găsesc la tulpinile aeriene și la cele subterane ale monocotiledonatelor. În sfîrșit, la antofite, tipul cel mai



CC-BY-SA Biblioteca Digitală 2019

frecvent este acel al fasciculelor *colaterale*. În acest caz cordonul lemnos și cel liberian sînt așezate unul lîngă altul, atingîndu-se pe o latură. În fasciculele colaterale planul median este un plan radial; liberul este așezat către exterior iar lemnul către interior.

Cînd procambiul din care ia naștere un fascicul primar se consumă complet, atunci fasciculul colateral se numește *închis*. În acest caz fasciculul este alcătuit numai din țesuturi definitive (monocotiledonate). La gimnosperme și la dicotiledonate mai rămîne din procambiu un strat meristematic situat între liber și lemn. Acestui strat de țesut procambial i s-a dat numele de *cambiu intrafascicular*. În cele mai multe cazuri cambiul funcționează ca zonă generatoare. Asemenea fascicule libero-lemnoase colaterale se mai numesc și *deschise*.

O modificare a tipului colateral este fasciculul *bicolateral*. Acesta este caracterizat prin aceea că pe lîngă cordonul de liber extern mai are un al doilea cordon de liber intern.

La unele angiosperme structura aceasta, numită primară, se păstrează tot timpul vieții lor, la altele însă se complică prin formarea țesuturilor secundare, care intercalîndu-se între țesuturile primare, contribuie la îngroșarea tulpinii.

### 3.2.9.2. Tipuri de stel, evoluția stelului

Cilindrul central sau stelul însumează toate țesuturile situate sub endodermă înconjurate de periciclu. În general, la marea majoritate a plantelor, există un singur cilindru central în tulpină, fapt pentru care acestea se numesc și *monostelice* (gr. *monos-*; *stele-*). După poziția țesuturilor se deosebesc mai multe tipuri de stel.

Cel mai primitiv tip este *protostelul* (gr. *protos-*; *stele-*) care prezintă o coloană de țesut conducător lemnos, înconjurată la exterior de liber, iar la periferie de scoarță. La acest stel, nu există măduvă; se găsește în tulpinile multor pteridofite fosile și recente. Pentru prima dată protostelul a fost întîlnit în tulpina de *Rhynia*; el a mai fost denumit și *haplostel*, deoarece lemnul are un contur circular. Acest tip de stel este considerat ca formă fundamentală din care au derivat celelalte tipuri. El poate fi considerat ca un fascicul concentric *hadrocentric* (fig. 147).

Odată cu apariția emergențelor foliare se dezvoltă un alt tip de stel amedular denumit *actinostel* (gr. *aktinos-*; *stele-*). Țesutul lemnos nu mai are contur circular ci stelat; țesutul liberian este fragmentat în fascicule. Actinostelul a fost identificat la *Asteroxylon*, precum și la unele ferigi primitive. Acest stel, datorită aspectului său mai este numit și *protostel stelat* sau *radiar* și s-a păstrat în rădăcinile tuturor cormofitelor fosile și recente.

La *Lycopodiaceae* apare un stel mai evoluat care derivă din actinostel și anume plectostelul (gr. *plektos* = răsucit; *stele-*) rezultat din împletirea țesutului lemnos cu cel liberian.

Un stel mai evoluat, medular este *sifonostelul* (gr. *sipho-* tub; *stele-*) alcătuit din măduva înconjurată de un cilindru de xilem, iar acesta la rîndul lui de un cilindru de floem. Un astfel de sifonostel se numește *sifonostel ectofloic* (gr. *ektos* = exterior; *phloies*). Acesta se întîlnește la *Medulosae*, *Lepidodendrinae*, la *Lycopodiaceae*.

O formă deosebită de sifonostel ectofloic se întîlnește la *Osmunda*, la care pe partea internă a liberului se află dispus lemnul sub formă de cordoane longitudinale. . .

Din fragmentarea sifonostelului ectofloic a rezultat *eustelul* (gr. *eu-* adevărat, veritabil; *stele-*) alcătuit din numeroase fascicule colaterale dispuse în cerc și separate între ele prin fișii de țesut parenchimatic, care constituie razele medulare. Acest tip de stel caracterizează gimnospermele și majoritatea dicotiledonatelor.

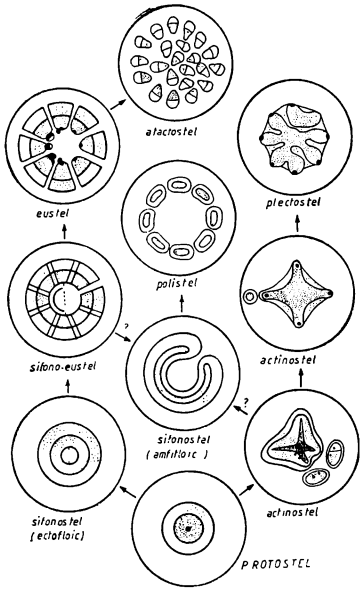



Fig. 147. Evoluția stelului (d. G. Şerbănescu şi C. Toma).

Din eustel a derivat stelul monocotiledonatelor denumit *ataktostel* (gr. *ataktos* = neorînduit; *stele*-) alcătuit din numeroase fascicule libero-lemnoase dispuse neordonat în țesutul fundamental.

Se cunoaşte şi cazul în care între lemn şi măduvă se mai formează un cordon de liber şi astfel ia naştere *sifonostelul amfifloic* (gr. *amphi*-; *phloios*-) care se întîlneşte la *Marsilea*. În unele cazuri la acest tip de stel prin formarea lacunelor foliare în dreptul frunzelor, acesta se întrerupe din loc în loc. Dacă floemul de pe ambele părți ale xilemului se uneşte se formează un cilindru central de tip *dictiostelic* (gr. *diktion*-; *stele*-). Astfel apar fascicule concentrice hadrocentrice care se întîlnesc la *Leptosporangiatae*, cum ar fi *Nephrodium* sp., *Pteridium aquilinum* ş.a. În alte cazuri, floemul nu se uneşte în jurul xilemului şi astfel se obține un cilindru central de tip eustelic cu numeroase fascicule bicolaterale, care se întîlnesc la numeroase grupe de plante, ca de exemplu la *Apocynaceae, Asclepiadaceae, Campanulaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Gentianaceae, Myrtaceae, Onagraceae*.

*Monostelie, polistelie, astelie*. Considerînd numărul stelurilor ce alcătuiesc o tulpină *Van Tieghem* a împărțit plantele în trei categorii: *monostelice, polistelice* şi

*astelice*. În prima categorie intră toate plantele a căror tulpină conține un singur stel; aici intră aproape toate dicotiledonatele, monocotiledonatele și unele pteridofite.

În a doua categorie intră toate plantele a căror tulpină conține mai multe steluri înglobate într-un parenchim fundamental înconjurate de cîte o endodermă proprie. Un exemplu tipic de *polistelie* îl prezintă *Selaginella*. Polistelia este foarte răspîndită la filicine (*Dryopteris filix-mas*), cu deosebirea că aici stelurile se anastomozează în mersul lor în interiorul tulpinii. Exemple de polistelie la fanerogame sînt foarte rare; s-au observat la unele specii ale genurilor *Primula* și *Gunnera*.

În sfîrșit, sînt și cazuri cînd stelul se descompune în elementele sale; în acest caz fasciculele libero-lemnoase se izolează și se înconjoară de cîte o endodermă proprie. Firește că aici nu mai poate fi vorba de un cilindru central. O asemenea structură, care se întîlnește la anumite specii de *Equisetum* (*E. limosum*) se numește *astelică* (gr. *a* = fără; *stele-*).

### 3.2.9.3. Tipuri de structură primară a tulpinii

Considerate din punct de vedere anatomic, tulpinile plantelor variază de la o grupă sistematică la alta.

**Structura tulpinii la Pteridophyta.** Din punct de vedere al organizării lor interne pteridofitele formează o grupă cu totul aparte.

La unele licopodiacee structura tulpinii este simplă. La *Psilotum triquetrum* de exemplu (fig. 148) fasciculele liberiene alternează cu cele lemnoase, iar dezvoltarea acestora din urmă este centripetă. Structura unei astfel de tulpini reamintește structura rădăcinii. La *Psilotum* măduva este sclerificată.

Cele mai multe pteridofite nu au măduvă; locul acestui țesut parenchimatic este ocupat de fasciculele lemnoase care se unesc prin baza lor alcătuind un cordon în axa tulpinii. Fasciculele liberiene se unesc și ele la rîndul lor spre a forma un manșon aproape complet în jurul cordonului lemnos. *Van Tieghem* numește această structură specială a pteridofitelor *perixilă*. În structura perixilă este de notat că protoxilemul se formează la periferia cilindrului central, iar fasciculul lemnos continuă să se dezvolte către interior.

Structura *centroxilă*, caracteristică pentru tulpina fanerogamelor se întîlnește rar la pteridofite (*Ophioglossum vulgatum*).

Un caracter important al multor pteridofite este că tulpina lor prezintă o organizare *polistelică*. La licopodiacee și filicinele actuale, fiecare tulpină are două sau mai multe steluri, iar fiecare stel este alcătuit dintr-un număr anumit de fascicule, dintr-un periciclu și o endodermă proprie.

În rizomul de la *Polypodium vulgare* fiecare fascicul libero-lemnos este înconjurat de un strat de sclerenchim. În afară de aceasta, stereomul este completat cu fișii de sclerenchim (*Polypodium vulgare, Pteridium aquilinum* ș.a.).

În sfîrșit, în timp ce la fanerogame tulpina prezintă întotdeauna o structură simetrică, la filicine și licopodiine tulpina este de multe ori asimetrică; ecvisetinele prezintă totuși o structură simetrică.

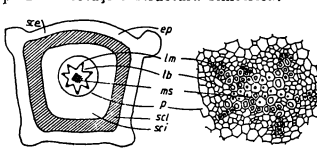



**Fig. 148.** Secțiune transversală prin rizomul de *Psilotum triquetrum*:
*ep* — epidermă; *lb* — liber; *lm* — lemn; *ms* — măduvă sclerificată; *p* — periciclu; *sce* — scoarță externă alcătuită dintr-un parenchim clorofilian; *scI* — scoarță internă; *scI* — sclerenchim (d. Ab'ayes ș.a.).

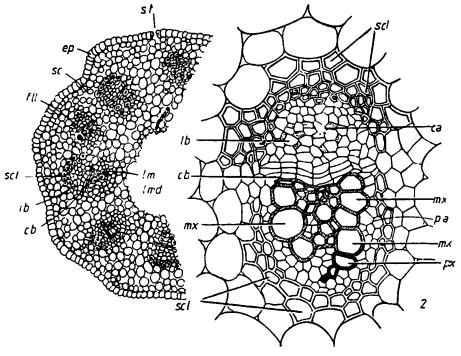



Fig. 149. Secțiune transversală într-un stolon de *Ranunculus repens*: *1* — sector cu structură celulară; *2* — fascicul libero-lemnos: *ca* — celule anexe; *cb* — cambiu intrafascicular; *ep* — epidermă; *fll* — fascicul libero-lemnos; *lb* — liber; *lm* — lemn; *lmd* — lacună medulară; *mx* — metaxilem; *pa* — parenchim; *px* — protoxilem; *sc* — scoarță; *scl* — sclerenchim; *st* — stomate (d. I. Grințescu).

Pteridofitele actuale nu au structură secundară, în schimb licopodineele arborescente din Devonian și Carbonifer, în special *Lepidodendron*, *Sigillaria* ș.a. aveau trunchiuri enorme cu îngroșări secundare. Lemnul lor secundar era alcătuit din traheide scalariforme, asemănătoare cu acelea de la cicadaceele actuale.

Din studiul licopodineelor fosile se poate observa că liberul lor secundar era foarte bogat în fibre sclerenchimatice, ceea ce le asigură o mare stabilitate.

**Structura tulpinii la Magnoliatae (Dicotyledonatae).** *Tulpina de la Ranunculus repens*). Într-o secțiune transversală făcută printr-un stolon de *Ranunculus repens* se disting trei zone concentrice: *epiderma*, *scoarța* și *cilindrul central* (fig. 149).

*Epiderma* este alcătuită din celule strîns legate între ele și lipsite de cloroplaste; pereții externi sînt puțin bombați, îngroșați și cutinizați. Pereții laterali și cei interni sînt subțiri și celulozici. Din loc în loc se observă cîte o stomată. Văzute din față celulele sînt lungi.

*Scoarța*. Primul strat subepidermic este alcătuit din elemente ușor colenchimatizate. Spre interior se află cîteva straturi de celule rotunde, cu spații intercelulare. Atît stratul subepidermic, cît și parenchimul cortical conțin cloroplaste. La *Ranunculus repens* nu se poate distinge o endodermă.

*Cilindrul central*. Fasciculele libero-lemnoase sînt dispuse în cerc. Linia care unește punctele cele mai externe ale fasciculelor se confundă cu limita cilindrului central.

Un fascicul analizat separat, se încadrează în tipul colateral deschis (fig. 150).

Partea *liberiană* a fasciculelor este alcătuită din *tuburi ciuruite* și *celule anexe*. Celulele anexe se recunosc prin lumenul lor mic și prin conținutul lor bogat în protoplasmă. Toate elementele ce alcătuiesc liberul sînt strîns legate între ele, fără a



CarteAdmin 2013

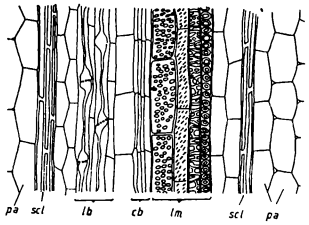



Fig. 150. Secțiune longitudinală într-un fascicul libero-lemnos de la *Ranunculus repens*: *cb* — cambiu intrafascicular; *lb* — liber; *lm* — lemn; *pa* — parenchim; *scl* — sclerenchim (d. I. Grințescu).

lăsa spații intercelulare. Într-o secțiune longitudinală se poate observa că *tuburile ciuruite* sînt mult mai largi și mai lungi decît celulele anexe: pereții lor transversali sînt perforați.

Partea *lemnoasă* a fasciculului este alcătuită din vase lemnoase și parenchim lemnos. Un fascicul lemnos observat în secțiune, este de formă triunghiulară; vîrful său este orientat către axa tulpinii, iar baza sa către fasciculul liberian. La marginea internă a xilemului se află un parenchim lemnos în care sînt înglobate vasele primare, inelate și spiralate (protoxilem). Spre exterior se găsesc traheide spiralate; acestea sînt din ce în ce mai mari; urmează apoi vase cu punctuațiuni simple, oblice și în sfîrșit, vase cu punctuațiuni areolate (metaxilem). Vasele lemnoase sînt dispuse în serii radiale: cele mai vechi și mai înguste, sînt la interior; cele mai noi, dar cu calibrul mai mare, se găsesc la exterior.

Forma și natura fiecărui element lemnos în parte pot fi bine observate într-o secțiune longitudinală.

Între partea liberiană și partea lemnoasă a unui fascicul se observă celule dispuse în serii radiale cu pereții subțiri: este *arcul generator libero-lemnos*.

Fasciculele libero-lemnoase de la *Ranunculus repens* sînt însoțite de cîte două arcuri de sclerenchim; unul mai puternic la partea exterioară și altul mai slab la partea interioară. Aceste două arcuri reprezintă două fișii de sclerenchim care alcătuiesc o teacă în jurul fasciculelor libero-lemnoase. Această teacă este întreruptă în dreptul arcului generator printr-un țesut alcătuit din elemente mai mult sau mai puțin celulozice (celule de pasaj), țesut care servește la schimbul materiilor nutritive.

În sfîrșit, zona parenchimatoasă de la mijloc, limitată de fasciculele libero-lemnoase, formează *măduva*. La *Ranunculus repens* măduva se resoarbe lăsînd în urmă o mare lacună numită *lacună medulară*.

Parenchimul medular se unește cu cel cortical prin așa-numitele *raze medulare primare*. De fapt aceste raze medulare nu sînt decît parenchim interfascicular.

În rezumat, structura unei tulpini de *Ranunculus repens* poate fi considerată ca una din cele mai simple ale tipului dicotiledonat.

**Tulpina de la Aristolochia sipho.** În stare tînără (fig. 151) poate servi ca exemplu tipic de structură primară. Această plantă are însă o zonă generatoare libero-lemnoasă activă, care va da naștere ulterior unei structuri secundare.

Într-o secțiune transversală făcută într-o tulpină de un an se deosebește o *epidermă* bine diferențiată. Scoarța este delimitată la interior de o *endodermă*. În scoarță deosebim două zone: una externă, colenchimatoasă și una internă de natură parenchimatoasă. Ultimul strat al scoarței, *endoderma* este alcătuită din celule dreptunghiulare; endoderma funcționează aici ca teacă amiliferă.



CoreScanner 2019

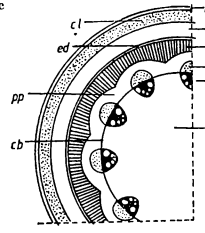



Fig. 151. Secțiune transversală într-un internod de *Aristolochia sipho*:
*cb* — cambru; *cl* — colenchim; *ed* — endodermă; *ep* — epidermă; *lb* — liber; *lm* — lemn; *m* — măduvă; *pp* — pericicliu parenchimatic; *ps* — pericicliu sclerenchimatic; *scl* — scoarță internă (d.I. Grințescu).

*Cilindrul central* este delimitat la exterior de un manșon celular sclerenchimatic; el este alcătuit din sclereide alungite (macrosclereide). Spre interior se găsește un țesut parenchimatic care delimitează fasciculele libero-lemnoase. Acest parenchim și cu sclerenchimul amintit alcătuiesc împreună *pericicluI*, care este format din mai multe straturi. Manșonul de sclerenchim periciclic îndeplinește aici un rol mecanic.

Fasciculele libero-lemnoase sînt lipsite de teacă proprie de sclerenchim; însă sînt organizate într-un fel asemănător cu cele de la *Ranunculus repens*.

Este de observat, totuși, că aici, pe lîngă tuburile ciuruite și celulele anexe, în alcătuirea liberului mai intră și parenchimul liberian. În sfîrșit, în afară de aceasta, mai este de observat și prezența *arcurilor generatoare interfasciculare* care stabilesc legătura de la un fascicul la altul.

Astfel completată zona generatoare libero-lemnoasă va începe să funcționeze și va da naștere unui meristem secundar în care se vor diferenția elemente conducătoare noi. Un țesut parenchimatic, măduva, completează cilindrul central. Măduva este alcătuită din celule mari, poliedrice. Partea periferică a măduvei, învecinată cu fasciculele lemnoase, se numește *zona perimedulară*. *Razele medulare* sînt și ele parenchimatoase și nu prezintă nimic special.

În cursul îngroșării tulpinii, manșonul sclerenchimatic se fragmentează în mai multe bucăți între care se intercalează parenchim. La început aceste porțiuni de parenchim se lignifică și se confundă cu sclerenchimul periciclic. Mai tîrziu, cînd manșonul sclerenchimatic continuă a se fragmenta, parenchimul care se intercalează rămîne celulozic. De altfel o fragmentare asemănătoare se produce și în manșonul de colenchim subepidermic.

În sfîrșit, la tulpinile bătrîne se pot distinge inele anuale și *raze medulare secundare*.

**Structura tulpinii la Liliatae (Monocotyledonatae)** Tulpina de la *Zea mays* prezintă toate caracterele tulpinii monocotiledonatelor. Se deosebește totuși de alte forme prin marele număr de fascicule libero-lemnoase.

*Epiderma* este formată dintr-un strat de celule mici cu pereții îngroșați și impregnați cu silice ($SiO_2$). Stomatele sînt mici. Sub epidermă se află o hipodermă alcătuită din două trei straturi de celule în întregime sclerificate. Hipoderma este întreruptă numai în dreptul stomatelor. Straturile hipodermice, împreună cu tot perenchimul celulozic situat între hipodermă și primele fascicule libero-lemnoase constituie împreună scoarța. Restul tulpinii reprezintă cilindrul central, în care fasciculele sînt dispuse în mod neregulat. Este de observat că cele mai mari fascicule libero-lemnoase sînt așezate în spre axa tulpinii; cu cît ne apropiem însă de periferie

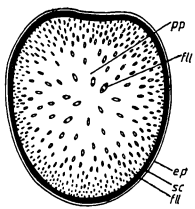



Fig. 152. Secţiune transversală prin tulpina de *Zea mays*:
*ep* — epidermă; *fll* — fascicul libero-lemnos; *pp* — parenchim; *sc* — scoarţă (în negru) (d. I. Grinţescu).

cu atît şi fasciculele sînt mai mici şi mai dese. Afară de aceasta între fascicule, se găsesc ici şi colo mici cordoane izolate de sclerenchim.

În tulpina de *Zea mays* fasciculele libero-lemnoase sînt *colaterale închise*. Fasciculele mari sînt însoţite de arcuri de sclerenchim: unul către exterior şi altul către interior (fig. 152). Aceste arcuri sînt asemănătoare cu cele de la *Ranunculus*; ca şi acestea ele au fîşii laterale formate din celule de pasaj.

Fiecare fascicul prezintă în planul său median una sau mai multe traheide înguste inelate sau spiralate, iar în vecinătatea lor şi spre interior se observă o mare lacună de origine lisigenă. Aceste vase mici şi înguste formează *protoxilemul*. În dreapta şi la stînga fasciculului există cîte un vas, în general prevăzut cu punctuaţiuni, rareori reticulat; aceste vase se formează după creşterea în lungime a fasciculului şi sînt considerate ca fiind *metaxilem*. În sfîrşit, toate aceste vase sînt legate între ele prin parenchim lemnos.

*Liberul* este alcătuit numai din tuburi ciuruite şi celule anexe. Acestea din urmă sînt uşor de recunoscut datorită lumenului lor îngust şi conţinutului lor bogat în protoplasmă.

Fasciculele libero-lemnoase periferice au o structură mai simplă; ele sînt aproape complet înglobate în sclerenchim. De multe ori aceste fascicule au numai metaxilem; lacuna lisigenă lipseşte.

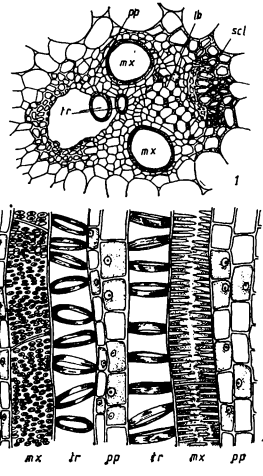
O secţiune longitudinală într-un fascicul libero-lemnos permite să se observe forma şi natura elementelor ce intră în alcătuirea unui fascicul (fig. 153).

**Structura tulpinii de la Triticum aestivum** (grîu). Într-o secţiune transversală făcută într-un internod al paiului de grîu se observă: o *epidermă* alcătuită din celule foarte mici, cu pereţii îngroşaţi şi impregnaţi cu silice ($SiO_2$) ceea ce le dă o mare rezistenţă. Printre celulele epidermice se întîlnesc şi *stomate*; acestea sînt dispuse în serii longitudinale şi corespund cu parenchimul cortical clorofilian (fig. 154). În afară de aceste cordoane longitudinale de ţesut asimilator, toată partea externă a peretelui paiului este sclerificată. Stereomul atinge epiderma atît în faţa fasciculelor libero-lemnoase externe, cît şi în dreptul cordoanelor de ţesut asimilator pe care le împarte în cîte două.

Fasciculele libero-lemnoase sînt împrăştiate neregulat, ca la toate monocotiledonatele, dar din cauze mecanice aici sînt împinse spre periferia tulpinii şi dispuse pe două cercuri concentrice. Fasciculele externe sînt mici şi sînt înglobate în sclerenchim; fasciculele interne sînt mari; la grîu fasciculele au aceeaşi organizare ca şi la porumb.

În sfîrşit, la mijloc, o mare lacună completează structura internă a unui pai de grîu. Această lacună provine din dezorganizarea ţesutului din axa paiului. Aşadar la grîu, ca şi la multe alte graminee, internodurile sînt goale; nodurile sînt însă pline.

Fig. 153. Fascicul colateral închis la *Zea mays:*
*1* — secțiune transversală; *2* — secțiune longitudinală: *lb* — liber; *mx* — vase cu punctuațiuni (metaxilem); *pp* — parenchim; *scl* — sclerenchim; *tr* — trahee și traheide (protoxilem) (d. V. H. Tutaiuc).



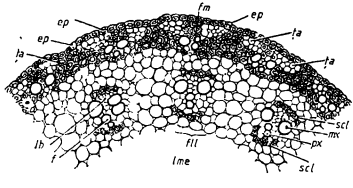




Fig. 154. Secțiune transversală prin tulpina de *Triticum aestivum;*
*ep* — epidermă; *f* — fascicule mari; *fll* — fascicul libero-lemnos; *fm* — fascicule mici: *lme* — lacună medulară; *mx* — metaxilem; *px* — protoxilem; *scl* — — sclerenchim; *ta* — țesut asimilator (d. I. Grințescu).

Într-o secțiune longitudinală făcută într-un nod, se observă cum umplutura lui formează un pod; acesta este alcătuit din țesut parenchimatic în care se încrucișează fasciculele libero-lemnoase în trecerea lor de la un internod la altul.

### 3.2.9.4. Variații în structura primară a tulpinii la fanerogame

Tulpina, fie că este de la o dicotiledonată sau de la o monocotiledonată, fie că este de la o gimnospermă, are întotdeauna o structură asemănătoare cu aceea a unuia din tipurile prezentate deja. Există totuși unele variații mai importante determinate genotipic sau fenotipic.

*Variațiile epidermei.* Ca țesut de apărare și ca țesut rezervor de apă, epiderma prezintă puține variații. Este de menționat totuși cazul unor plante tropicale a căror epidermă este multiplicată (*Peperomia* sp.). În ce privește formațiunile de



CarteAdmis 2013

origine epidermică (stomate, peri, etc.) ele sînt numeroase şi adesea caracteristice pentru unele tulpini. Cînd celulele epidermice nu formează decît stomate, atunci tulpina este netedă (glabră) cînd însă celulele epidermice formează peri atunci, după consistenţa şi lungimea acestora, tulpina poate fi: *pubescentă, hispidă, viloasă, lanată* etc.

*Variaţiile scoarţei.* Cu mult mai numeroase sînt variaţiile scoarţei. La unele plante numărul straturilor ce alcătuiesc scoarţa este foarte redus (*Poaceae*), în timp ce la altele scoarţa este formată din mai multe straturi. La *Rosa* sp., la *Rubus* sp. ş.a., scoarţa produce nişte emergenţe care se întăresc şi devin spini. La urzică aceste emergenţe se termină cu cîte un păr subţire şi ţepos, pe cînd la hamei emergenţele se termină cu peri încîrligaţi. În sfîrşit, uneori scoarţa dă naştere unor creste longitudinale, în acest caz tulpina este aripată (*Genista sagittalis*). Crestele cactaceelor şi a unor euforbiacee sînt de asemenea de origine corticală.

Structura scoarţei este influenţată şi de modul în care trăiesc plantele. Aşa de exemplu la plantele acvatice parenchimul cortical este lacunos; la unele se formează chiar canale aerifere (*Ceratophyllum demersum, Myriophyllum spicatum* (v. fig. 66), *Hippuris* sp., *Nymphoides peltata* ş.a.). Parenchimul poate fi de origine *schizogenă* (*Trapa natans, Potamogeton* sp., *Ceratophyllum* sp., *Nymphaeaceae*) sau poate fi de origine *lisigenă* sau *rexigenă*, cum este cazul celor mai multe ciperacee, graminee şi ecvisetacee.

La foarte multe plante scoarţa prezintă o anumită rezistenţă din cauza transformării elementelor sale în colenchim sau chiar în sclerenchim. Colenchimul se formează, de regulă, în straturile superficiale ale scoarţei, constituind un manşon subepidermic continuu sau este localizat în anumite locuri (*Labiatae, Umbelliferae*). Sclerenchimul, la rîndul lui, poate forma cordoane de fibre corticale (*Cannabis sativa, Spartium junceum* ş.a.).

Fasciculele libero-lemnoase pe care le întîlnim uneori în scoarţa plantelor sînt fascicule foliare (*Pisum sativum, Lathyrus* sp., *Aspidistra* sp.).

În sfîrşit, la unele plante parenchimul cortical poate da naştere la buzunare sau la canale secretoare (*Cycadaceae, Coniferae, Alismataceae, Umbelliferae, Araliaceae* ş.a.). În unele tulpini întîlnim laticifere (*Moraceae, Euphorbiaceae, Apocynaceae, Asclepiadaceae*). În ce priveşte variaţiile endodermei, ele sînt puţine la număr. Se poate menţiona sclereficarea celulelor endodermice de la unele monocotiledonate (*Potamogetonaceae, Liliaceae, Cyperaceae*) sau numai suberificarea parţială a pereţilor radiali (*Ricinus* sp., *Lupinus* sp., *Veronica beccabunga* ş.a.). La unele plante, în sfîrşit, endoderma devine ţesut cu statoliţi sau amilifer de unde şi denumirea de *teacă amiliferă* ce i-a dat acestui ţesut cortical.

*Variaţiile cilindrului central.* În cele mai multe tulpini periciclul este alcătuit din mai multe straturi de celule şi atunci, ori rămîne în întregime parenchimatic, ori se sclerifică, cel puţin în parte (*Berberis* sp., *Aristolochia* sp., *Lonicera* sp., *Cucurbita pepo* ş.a.). La multe monocotiledonate periciclul este în întregime sclerificat. Uneori sclerificarea periciclului se produce numai în anumite puncte, de unde rezultă pachete de fibre. Ţinînd seama de originea lor pot fi numite *fibre periciclice* sau *liberiene*. Fibrele liberiene sînt foarte răspîndite la plante în special la *Urtica* sp., *Linum* sp., *Cannabis* sp., ş.a., formînd cordoane sau pachete separate.

În sfîrşit, printr-o diferenţiere ulterioară, celulele periciclice pot da naştere la canale secretoare (*Umbelliferae, Araliaceae*), sau la laticifere (*Compositae — Liguliflore*).

*Razele medulare* prezintă puţine variaţii. Este de menţionat totuşi cazul unor scrofulariacee şi apocinacee la care, din cauza fuziunii fasciculelor libero-lemnoase, razele medulare dispar aproape cu totul.

Cu privire la variațiile măduvei, se menționează cazul tuberculilor la care măduva este foarte dezvoltată, în timp ce la rizomi, măduva este mai redusă. La *Poaceae* precum și la multe alte plante măduva se resoarbe de timpuriu lăsînd un mare canal medular de origine rexigenă. La unele plante acvatice măduva lipsește complet (*Ceratophyllum* sp., *Elatine* sp., *Myryophyllum* sp., *Utricularia* sp., *Salvinia natans* ș.a.). La *Nymphaeaceae*, *Juncaceae* și *Cyperaceae* măduva este dezvoltată și tot atît de lacunoasă ca și scoarța.

În unele cazuri se produce o sclerificare mai mult sau mai puțin completă a măduvei, ceea ce contribuie într-o bună măsură la întărirea stereomului tulpinii (*Ruscus* și multe alte monocotiledonate). La *Agave americana* celulele măduvei se sclerifică numai în jurul fasciculelor libero-lemnoase alcătuind teci de apărare.

La umbelifere parenchimul medular dă naștere la canale secretoare, în timp ce la simarubacee numai zona perimedulară dă naștere la asemenea formațiuni.

*Liberul perimedular.* La unele familii (*Thymelaeaceae*, *Onagraceae*, *Lythraceae*, *Myrtaceae*, *Cucurbitaceae*, *Solanaceae*, *Convolvulaceae*, *Apocynaceae*, *Asclepiadaceae*, *Gentianaceae* ș.a.) se formează liber și la partea interioară a lemnului. Uneori liberul perimedular formează inele continue, alteori formează pachete izolate. În cazul cînd liberul perimedular este strîns lipit de lemnul primar, atunci fasciculele se numesc *bicolaterale*. În alte cazuri însă pachetele de liber perimedular se găsesc separate de lemn prin stratul de parenchim. Liberul perimedular este de origine procambială ca și restul fasciculelor libero-lemnoase.

*Modificări ale fasciculelor libero-lemnoase.* În general, la monocotiledonate numărul fasciculelor libero-lemnoase este mare. Totuși dioscoreaceele deși sînt monocotiledonate au o singură circumferință de fascicule libero-lemnoase. De altfel se întîlnesc și printre dicotiledonate tulpini cu numeroase fascicule; așa este cazul la *Piper* sp., *Phytolacca* sp., la *Podophyllum* sp., la *Thalictrum* sp. ș.a. Unele dintre acestea (*Thalictrum aquilegifolium*) reamintesc structura monocotiledonatelor.

În ce privește elementele ce alcătuiesc liberul, în special elementele parenchimatice, acestea prezintă anumite modificări interesante. La *Araceae*, de exemplu printr-o diferențiere ulterioară a celulelor liberiene se formează laticifere, în timp ce la anacardiacee, aceleași elemente dau naștere la canale secretoare.

Cît privește variațiile ce prezintă vasele lemnoase este de menționat, în primul rînd, tendința spre o reducere a numărului vaselor la plantele acvatice (*Najas* sp., *Vallisneria spiralis*, *Ceratophyllum* sp.). Trebuie totuși notat că partea liberiană a cilindrului central nu suferă această reducere.

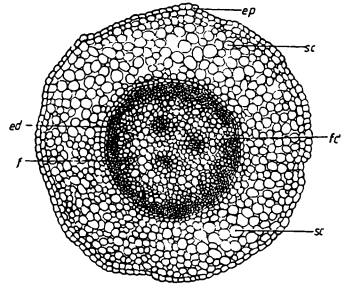



Fig. 155. Secțiune transversală prin stolonul de *Convallaria majalis*:
*ed* — endodermă; *ep* — epidermă; *f* — fascicul colateral; *fc* — fascicul concentric; *sc* — scoarță (d. I. Grințescu).



CărțiVechi.ro 2019

Printre variațiile ce prezintă fasciculele libero-lemnoase, este de menționat cazul rizomilor de la liliacee la care pe lîngă fasciculele normale caracteristice monocotiledonatelor, se mai întîlnesc și *fascicule concentrice*, la acestea liberul este înconjurat de lemn (*Convallaria majalis*, *Majanthemum bifolium* ș.a.) (fig. 155).

În sfîrșit, se menționează cazul coniferelor în a căror structură primară fiecare fascicul lemnos, alcătuit din vase spiralate și inelate conține și cîte un canal secretor.

### 3.2.9.5. Mersul fasciculelor în tulpină

Dacă se urmărește mersul fasciculelor prin o serie de secțiuni transversale într-o tulpină de *Clematis vitalba*, se observă că la noduri cele șase fascicule, după ce s-au ramificat, se îndreaptă spre frunze, în timp ce ramurile lor continuă pînă la nodul imediat superior unde se vor ramifica din nou (fig. 156).

Este de observat că la plantele cu frunze opuse (*Clematis vitalba*, *Lamium* sp., *Anagallis arvensis* ș.a.) fasciculele merg în paralel cu axa tulpinii. La plantele cu frunze alterne, din contră, fasciculele merg oblic, descriind o spirală la periferia cilindrului central (fig. 157). Oricum ar fi, la nivelul unui nod fasciculele se anastomozează sau numai se ramifică înainte de a se îndrepta spre frunze (*Clematis* sp., *Iberis* sp.).

În mersul lor fasciculele se ramifică; în general, ramificația se face după tipul simpodial.

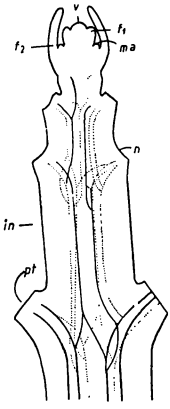



Fig. 156. Mersul fasciculelor într-o tulpină cu frunze opuse *(Clematis vitalba)*:
*f1*, *f2* — frunze pe cale de dezvoltare; *in* — internod; *ma* — mugure axilar; *n* — nod; *pt* — pețiol; *v* — vîrf vegetativ (d. I. Grințescu).

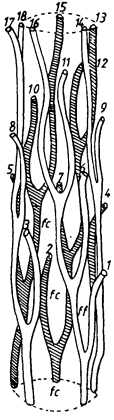



Fig. 157. Mersul fasciculelor într-o tulpină cu frunze alterne *(Iberis amara)*:
*1, 2, 3, etc.* — indică nivelul frunzelor: *fc* — fascicule caulinare; *ff* — fascicul foliar (d. I. Grințescu).

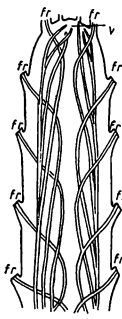



Fig. 158. Mersul fasciculelor într-un rizom de *Aspidistra elatior* (monocotiledonate): *fr* — frunze (în figură este reprezentat numai cîte un singur fascicul care se îndreaptă spre frunze, în realitate sînt mai multe fascicule); *v* — vîrf vegetativ (d. I. Grinţescu).

La *Clematis vitalba* este de observat că după ramificare, fasciculele foliare părăsesc cilindrul central şi se îndreaptă spre peţiol unde fuzionează înainte de a merge în frunză. La crucifere (v. fig. 156) din contră fasciculele foliare nu părăsesc cilindrul central decît la nodul imediat superior.

Se întîmplă uneori ca fasciculele foliare să se îndrepte de la un nod la altul prin scoarţă (*Pisum sativum*, *Lathyrus* sp.,), înainte de a intra în frunze.

În sfîrşit, la unele plante, fasciculele după ce s-au ramificat, la nivelul unui nod, ramificaţia în loc să se îndrepte spre frunză se îndreaptă din contră înspre măduvă, descriind o curbă, înainte de a ieşi la exterior, la nivelul nodului următor sau la nivelul unui nod superior. Acest caz este caracteristic pentru monocotiledonate (fig. 158).

Frunzele primesc un număr variabil de fascicule. Aşa de exemplu la conifere frunza primeşte numai un singur fascicul; la labiate primeşte două, iar la umbelifere şi la monocotiledonate frunza primeşte un mare număr de fascicule.

Fasciculele foliare pot fi simple la origine (monocotiledonate) sau provin din fuziunea a două, trei sau mai multe fascicule (*Clematis vitalba*). La mazăre frunza primeşte trei fascicule dintre care una, cea mediană, provine chiar de la nodul unde este aşezată frunza; celelalte două vin prin scoarţă de la nodul imediat inferior. Numeroasele fascicule pe care le observăm într-o secţiune a tulpinii de porumb sau de palmier, sînt un amestec de fascicule caulinare şi fascicule foliare. La aceste plante numărul fasciculelor este atît de mare încît nemaiavînd loc la periferie, invadează întreg cilindrul central.

### 3.2.9.6. Stereomul tulpinii

La foarte multe plante, anumite elemente procambiale, sau dintre cele care alcătuiesc meristemul fundamental îşi modifică de timpuriu structura lor formînd un stereom.

O tulpină trebuie să reziste la îndoiri, la turtiri, la tracţiuni precum şi la presiunea exercitată de sus în jos de însăşi greutatea sa. Cerinţele mecanice ale tulpinilor variază în raport cu condiţiile mediului în care trăiesc. În special rezistenţa la îndoire şi turtire este bazată, după cum a arătat *S. Schwendener* (1882) pe acelaşi principiu pe care este construit un suport. Un suport, văzut în secţiune transversală, are forma unui I şi este alcătuit din două aripi rezistente aşezate faţă în faţă şi dintr-o parte



CeleAdrian 2013

mijlocie numită „inimă", care le unește. În caz de îndoire acest suport este supus pe o parte unei tracțiuni, iar pe partea opusă unei presiuni; aceste forțe ating o valoare maximă pe cele două fețe ale aripilor, dar descresc treptat spre interiorul inimii ajungînd la zero care corespunde cu axa suportului (axa neutră). De aici rezultă că materialul de construcție al inimii poate fi mai puțin rezistent decît acel al aripilor. La tulpini, aripile suporturilor sînt alcătuite din elemente mecanice (colenchim sau sclerenchim), în schimb inima suporturilor poate fi formată din fascicule libero-lemnoase sau numai din parenchim. În unele cazuri inima este prevăzută chiar cu o lacună ceea ce nu influențează cu nimic rezistența sistemului, cu condiția totuși ca legăturile tangențiale ale aripilor să fie destul de rezistente.

Din cauză că cele mai multe organe ale plantelor sînt cilindrice, un singur suport nu ajunge; este nevoie de cel puțin două sau trei. În aceste combinații axa neutră poate fi comună.

**Rezistența la îndoire**. Construcțiile care implică o rezistență la îndoire sînt foarte variate. Cazul cel mai simplu există, la sistemul *coastelor subepidermice*. Acest sistem este realizat la rubiacee, labiate, umbelifere ș.a.

Un alt sistem puțin mai complicat este sistemul *suporturilor periferice compuse*. Aici coastele subepidermice sînt înlocuite prin mai multe suporturi. Acest sistem este realizat la ciperacee, juncacee ș.a. În acest caz fiecare suport sau grupă de suporturi este în același timp și o aripă pentru un suport mai mare, suport a cărui axă neutră se confundă cu axa organului.

Un alt sistem mai este și acela al *cordoanelor fibro-vasculare subcorticale*. Acest sistem este caracterizat prin aceea că fasciculele libero-lemnoase întărite cu teci de sclerenchim sînt așezate des la periferia cilindrului central (*Bambusa, Zea mays, Palmae*).

Se mai menționează sistemul *cilindrelor goale simple*, care nu sînt decît un rînd de aripi contopite (*Liliaceae, Iridaceae, Aristolochia, Plantago, Primula, Cucurbita*) și, în sfîrșit, sistemul *cilindrelor multiple* realizat în tulpinile cu îngroșări secundare (inele anuale).

**Rezistența la turtire**. În acest scop tulpina are nevoie de un cilindru periferic care nu poate fi înlocuit prin aripi izolate. Exemple de astfel de tulpini se găsesc printre rizomi, mai cu seamă cînd aceștia se dezvoltă într-un pămînt argilos. Rizomii plantelor acvatice sînt de asemenea organizați să suporte presiunea unei coloane grele de apă.

**Rezistența la tracțiune**. Această însușire depinde în primul rînd de mărimea secțiunii transversale a elementelor mecanice. În teorie este indiferent dacă elementele mecanice formează sau nu o masă compactă. În practică însă, pentru ca tracțiunea să fie uniformă este avantajos ca elementele mecanice să fie adunate într-un cordon axilar. O astfel de structură caracterizează organele care fixează planta în pămînt (rădăcini, rizomi).

**Rezistența la presiuni exercitate de-a lungul organului** (rezistența columnară). Toate tulpinile erecte (drepte) reclamă o anumită rezistență pentru a suporta propria lor greutate. În organizarea unei tulpini lemnoase se va avea în vedere și sistemul de ramificație (coroana), care reprezintă o greutate considerabilă. În general plantele nu au construcții speciale pentru a rezista acestei presiuni; stereomul care rezistă la îndoiri va servi și pentru rezistența columnară. Din acest punct de vedere trunchiurile arborilor prezintă o organizare perfectă.

### 3.2.9.7. Trecerea de la structura rădăcinii la structura tulpinii

Legătura între țesuturile rădăcinii cu țesuturile corespunzătoare ale tulpinii se face la nivelul coletului. Zona de trecere poate fi scurtă (*Ricinus*) sau lungă (*Brassica*).



BCU Cluj / Central University Library Cluj

În general trecerea fasciculelor din rădăcină în tulpină se face în patru moduri:

1. La *Mirabilis jalapa, Dipsacus* sp., *Fumaria* sp. ş. a. fasciculele liberiene continuă mersul lor paralel în axa hipocotilă, fără nici o învîrtire sau dedublare, în timp ce fasciculele lemnoase se împart în cîte două jumătăţi, care se îndepărtează şi se aşază, după o învîrtire de 180° exact în faţa fasciculelor liberiene. Din cauza acestei torsiuni vasele inelate şi cele spiralate, adică cele mai vechi, se găsesc aşezate pe zona perimedulară. În acest caz numărul fasciculelor libero-lemnoase din tulpină este egal cu numărul fasciculelor lemnoase sau acel al fasciculelor liberiene din rădăcină.

2. De cele mai multe ori însă se dedublează atît fasciculele lemnoase cît şi cele liberiene. În acest caz numărul fasciculelor libero-lemnoase din tulpină va fi dublu faţă de numărul fasciculelor lemnoase sau liberiene din rădăcină (fig. 159). Exemple de astfel de trecere se întîlnesc la conduraşi, la fasole, la dovleac ş.a.

3. În al treilea caz fasciculele lemnoase continuă mersul lor, dar învîrtindu-se cu 180° în timp ce fasciculele liberiene se dedublează. Jumătăţile de fascicule liberiene se apropie două cîte două şi fuzionează în faţa fasciculelor lemnoase întoarse cu vîrful lor înspre măduvă (v. fig. 159). Este cazul celor mai multe *Fabaceae* (*Medicago* sp., *Lathyrus* sp., *Pisum* sp. ş.a.) şi al unor monocotiledonate (*Phoenix*).

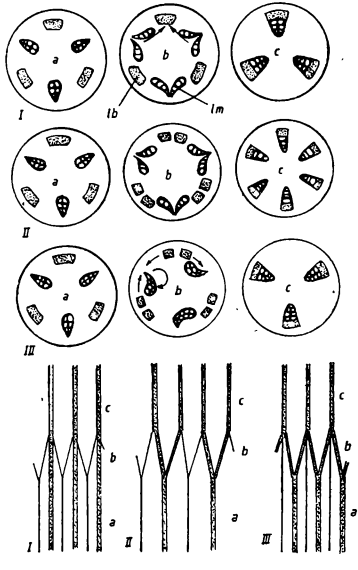



Fig. 159. Zona de tranziţie:
*1* — trecerea fasciculelor din rădăcină în tulpină: *2* — reprezentarea schematică a trecerii la colet: *I* — *Mirabilis jalapa; II* — *Cucurbita pepo; III* — *Pisum sativum: a* — secţiune în rădăcină; *b* — secţiune în regiunea coletului; *c* — secţiune în tulpină; *lb* — liber; *lm* — lemn (d. I. Grinţescu).

4. Un ultim caz este acela cînd în rădăcină există patru fascicule, iar în tulpină se contopesc în două fascicule libero-lemnoase. Trecerea de la structura primară a rădăcinii la structura primară a tulpinii se face astfel: două fascicule lemnoase opuse își continuă drumul lor, rotindu-se numai cu 180°, iar două fascicule lemnoase tot opuse se dedublează și jumătățile lor suferă de asemenea o rotire de 180°. Cîte una din jumătăți, una din dreapta și alta din stînga din fasciculele lemnoase dedublate, se alătură fasciculelor lemnoase întregi, fasciculele liberiene se alătură cîte două, deplasîndu-se periferial și se contopesc într-un fascicul liberian. În fața acestor două fascicule liberiene (contopite), spre interiorul cilindrului central, se așază cîte un fascicul lemnos, care a luat naștere din contopirea unui fascicul lemnos întreg și două jumătăți din celelalte două fascicule lemnoase dedublate. Astfel se vede că din patru fascicule liberiene și patru fascicule lemnoase din rădăcină au rezultat două fascicule libero-lemnoase în tulpină, ce au luat naștere din contopirea a două fascicule liberiene întregi și a unui fascicul lemnos întreg și două jumătăți. Acest caz se întîlnește la *Raphanus sativus* (ridiche).

De fapt în trecerea de la structura rădăcinii la structura tulpinii nu se produce o învîrtire a fasciculelor definitive, ci este vorba mai mult de o bifurcare ca o consecință a unei bifurcări prealabile a cordoanelor procambiale din care aceste fascicule derivă. Învîrtirea fasciculelor lemnoase nu este altceva decît faptul că punctul de diferențiere al primelor elemente nou formate, la niveluri mai înalte, se deplasează succesiv de la periferia cordonului procambial spre interiorul organului. Intrînd în tulpină, părțile lemnoase și cele liberiene corespunzătoare se găsesc față în față, se asociază și constituie fascicule libero-lemnoase colaterale. Fasciculul de la mijloc, în mersul său de jos în sus, se subțiază tot mai mult pe măsură ce în cordonul procambial din dreptul celor două fascicule liberiene vecine se diferențiază elemente noi. Se menționează că la ricin, unde regiunea coletului este foarte scurtă, trecerea de la structura rădăcinii la structura tulpinii se face brusc; la crucifere, din contră, regiunea coletului este foarte lungă așa că trecerea de la rădăcină la tulpină se face încet.

Explicațiile trecerii de la structura rădăcinii la cea a tulpinii, prezentate mai sus, au fost treptat înlocuite cu ipoteza *evoluției sistemului conducător* (*C. Chauveaud*). Potrivit acestei ipoteze, atît în rădăcină cît și în tulpină, în primele faze, structura este aceeași, adică lemnul este altern cu liberul. O dată cu dezvoltarea ontogenetică a acestor organe se diferențiază un lemn sau xilem intermediar care se suprapune pe partea internă a liberului, formîndu-se astfel fascicule colaterale. Modul de apariție a xilemului intermediar, precum și dispunerea sa se realizează diferit la diverse niveluri ale plantei. Drept urmare, conform acestei ipoteze, deosebirea de structură dintre rădăcină și tulpină apare datorită ritmului diferit de dezvoltare a sistemului conducător (fig. 160).

**Originea țesuturilor primare din tulpină**. Diferențierea meristemului primordial de la vîrful tulpinii, în *dermatogen*, *periblem* și *plerom* este în general mai puțin distinctă decît în rădăcină cu excepția speciei *Hippuris vulgaris*.

În general, la unele licopodiacee și la cele mai multe antofite nu se poate face o deosebire între cele trei meristeme primare: *protoderma*, *procambiul* și *meristemul fundamental*.

Celulele protodermice se divid în general numai radial. Numai în cazuri rare, cînd se formează o epidermă multiplă protoderma se divide și tangențial.

Procambiul se prezintă în general sub forma unor cordoane izolate, sau formează un cilindru. Celulele procambiale iau naștere din celule primordiale, la început mai mult sau mai puțin izodiametrice, celule care nu se mai divid transversal, dar cresc în lungime și devin traheide și trahei. Tot din aceste celule procambiale se diferențiază și elementele liberiene.



Digitized by 2019

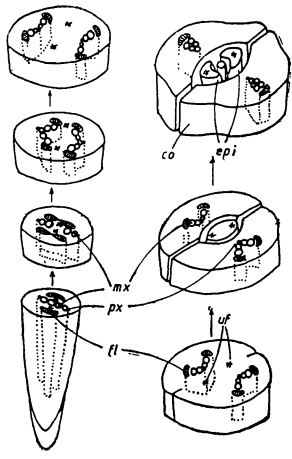



Fig. 160. Zona de tranziție de la rădăcină la tulpină la *Beta vulgaris:*
*co* — cotiledoane; *epi* — epicotil; *fl* — floem; *mx* — metaxilem; *px* — protoxilem; *uf* — urme ale frunzelor epicotilare (d. K. Esau).

Din procambiu mai iau naștere aproape toate elementele mecanice prozenchimatice. În ce privește formarea elementelor mecanice prozenchimatice din meristemul fundamental, aceasta are loc numai indirect, adică numai în urma formării unui meristem secundar.

În sfîrșit, meristemul fundamental este țesutul de origine al tuturor celorlalte țesuturi, mai ales parenchimuri din scoarță și din măduvă.

Țesuturile secretoare provin, în majoritatea lor, din meristemul fundamental. Rareori canalele secretoare iau naștere din procambiu; așa este cazul canalelor secretoare din liberul primar de la *Araucariaceae, Clusiaceae* și *Anacardiaceae*, al canalelor secretoare din lemnul primar al unor conifere (*Pinus* sp., *Larix decidua*) și al canalelor secretoare corticale de la *Umbelliferae*.

**Diferențierea țesuturilor la vîrful tulpinii.** Dacă se examinează secțiuni transversale făcute succesiv într-o tulpină, plecînd de la vîrf, se observă ordinea în care se face diferențierea țesuturilor. Vom considera bineînțeles numai secțiunile ce trec prin internoduri.

Dacă se examinează o secțiune ce trece puțin mai jos de nivelul meristemului primordial, se va observa numai diferențierea epidermei; în rest, tot țesutul este încă în stare de meristem. Într-o altă secțiune, făcută ceva mai jos se va constata diferențierea scoarței și aceea a cilindrului central. Într-o secțiune făcută și mai jos, se va observa că la periferia cilindrului procambial apar primele elemente liberiene, în timp ce către interior și dispuse față în față cu elementele liberiene apar primele elemente lemnoase. În sfîrșit, într-o secțiune făcută într-un internod situat și mai jos se va observa formarea definitivă a fasciculelor libero-lemnoase. Tot țesutul parenchimatic ce separă fasciculele libero-lemnoase, alcătuiește *razele medulare primare.*



©BacAdmin 2013

**Creşterea în grosime a tulpinii primare**. La vîrful său vegetativ tulpina creşte atît în lungime cît şi în grosime datorită diviziunii celulelor meristematice.

Pe lîngă acest fel de creştere trebuie să se ţină seama şi de creşterea volumului celulelor deja formate. La această creştere contribuie toate celulele care se văd cînd se examinează o secţiune deşi ele nu cresc toate în aceeaşi măsură. Această creştere în grosime, numită primară, durează atîta timp cît tulpina nu a atins încă grosimea sa definitivă.

În tot cazul, spre deosebire de creşterea în grosime de origine secundară, creşterea în grosime a tulpinii primare este o creştere limitată.

**Comparaţie între structura primară a tulpinii şi structura primară a rădăcinii**. Din punct de vedere anatomic, tulpina se deosebeşte de rădăcină prin morfologia epidermei şi prin dispoziţia fasciculelor.

La rădăcină epiderma numită şi *rizodermă* este alcătuită din celule cu pereţii subţiri de obicei lipsiţi de cuticulă şi prevăzută cu numeroşi peri absorbanţi sau radicali.

Perii absorbanţi, prin funcţia lor, diferă cu totul de perii protectori şi de perii secretori ai tulpinii. Caracteristic pentru rădăcină este însă lipsa stomatelor.

În afară de aceste însuşiri morfologice este de remarcat că vîrful rădăcinii este apărat de o piloriză, în timp ce vîrful tulpinii este protejat de catafile.

Deosebirea esenţială dintre tulpină şi rădăcină constă în structura cilindrului central. La rădăcină fasciculele liberiene alternează cu cele lemnoase în timp ce în tulpină ele se asociază formînd fascicule libero-lemnoase. În afară de aceasta, protoxilemul este exarh în rădăcină şi endarh în tulpină.

### 3.2.9.8. Structura secundară a tulpinii

Ţesuturile primare din tulpină îşi au originea în meristemele primare. Tulpinile celor mai multe monocotiledonate precum şi cele ale unor dicotiledonate anuale, păstrează toată viaţa o structură primară simplă; tulpinile plantelor perene îşi complică însă structura lor prin formarea de noi ţesuturi care se adaugă ţesuturilor primare; ca rezultat al acestor formaţiuni secundare rezultă o creştere în grosime a tulpinii.

Toate ţesuturile secundare îşi au originea în două zone generatoare concentrice: *zona generatoare libero-lemnoasă* sau *cambiu vascular* care se formează între fasciculele liberiene şi cele lemnoase şi care va da naştere liberului şi lemnului secundar; şi *zona generatoare subero-felodermică* sau *peridermică*, care va da naştere suberului secundar şi felodermului. Ambele zone generatoare vor contribui la creşterea în grosime a tulpinii respectiv rădăcinii.

*Zona generatoare libero-lemnoasă*. După cum s-a constatat între lemnul şi liberul fasciculelor libero-lemnoase s-au păstrat din cordonul procambial cîteva straturi meristematice numite cambiu fascicular. Unul dintre aceste straturi va da naştere zonei generatoare libero-lemnoase secundare.

La unele plante (*Salvia* sp.), din cambiul fascicular se diferenţiază de timpuriu un cambiu interfascicular care se racordează cu procambiul fascicular, formînd un inel închis. La originea ţesuturilor secundare din unele tulpini se deosebesc: un cambiu *fascicular* şi unul *interfascicular*.

La tulpini, cum sînt cele de la: *Begonia* sp., *Cucurbita pepo*, *Aristolochia* sp., *Ricinus communis*, *Cheiranthus* sp., *Hieracium* sp., *Plantago* sp., ş.a., cambiul fascicular lipseşte. La aceste tulpini cambiul interfascicular se formează din ţesutul definitiv prin diviziuni tangenţiale ale unui singur strat de celule, adică se diferenţiază un meristem secundar. Din manşonul meristematic, alcătuit din cambiul



CC-BY-SA-NC Unibuc 2013

fascicular şi cel intrafascicular, un strat de celule va funcţiona ca zonă generatoare libero-lemnoasă.

Datorită diviziunilor celulelor iniţiale, care la început se fac numai în sens tangenţial, rezultă serii de celule dispuse radial.

O serie de celule radiale provine din diviziunea unei singure iniţiale a stratului generator. Subliniem că elementele ce rezultă din diviziunea celulelor iniţiale sînt, la început, toate asemănătoare. Nu departe însă de stratul generator elementele meristematice externe se vor diferenţia spre a da naştere primelor elemente liberiene secundare, în timp ce elementele meristematice interne vor alcătui primele celule lemnoase secundare. Rezultă deci că lemnul primar stă pe loc, în timp ce liberul primar este continuu împins către exterior.

Paralel cu formarea lemnului şi a liberului secundar se formează şi *razele medulare secundare*. Elementele ce alcătuiesc razele medulare secundare iau naştere tot din zona generatoare libero-lemnoasă. În anumite puncte iniţialele zonei generatoare, în loc să dea naştere la lemn şi la liber secundar, formează parenchim.

### 3.2.9.9. Ţesuturile secundare definitive din tulpină

**Lemnul secundar**. La alcătuirea lemnului secundar pot lua parte toate elementele lemnoase, adică: articule vasculare (trahee), traheide, fibre lemnoase, parenchimul lemnos şi *razele medulare*.

În lemnul secundar traheele pot fi izolate sau reunite cîte două sau mai multe, formînd mănunchiuri dispuse în sens radial sau tangenţial. Lumenul traheelor este în general mare, mai ales la liane; la ericacee, din contră, lumenul traheelor este foarte îngust.

Felul cum sînt perforaţi pereţii despărţitori ai traheelor este foarte caracteristic pentru unele genuri şi chiar pentru unele familii. Perforaţia poate fi redusă la un simplu por circular sau eliptic. Peretele despărţitor poate prezenta însă uneori mai mulţi pori în formă de butoniere dispuşi paralel; în acest caz peretele despărţitor prezintă un aspect scalariform.

După felul îngroşărilor pereţilor traheelor, punctuaţiile pot fi: *areolate* sau *scalariforme*. Dacă pereţii traheei corespund cu peretele unei celule parenchimatice, atunci punctuaţiile rămîn *simple*. Îngroşările de tip *reticulat* şi mai ales de tip *spiralat*, se găsesc mai rar în alcătuirea lemnului secundar.

Traheidele sînt în general fusiforme şi pot fi ascuţite la ambele capete; ajunse la completa lor dezvoltare ele sînt mult mai lungi decît celelalte celule cambiale din care derivă.

La gimnosperme lemnul secundar este alcătuit aproape în întregime din traheide (fig. 161). Printre dicotiledonate numai unele magnoliacee (*Drymis* sp., *Zygo-*

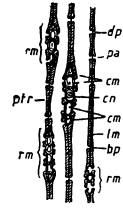



Fig. 161. Structura lemnului de la *Pinus* sp. în secţiune longitudinală tangenţială:
*bp* — baza punctuaţiunilor; *cm* — celule moarte; *cn* — celulă de nucleu; *dp* — deschiderea punctuaţiunii; *lm* — lamelă mijlocie; *pa* — punctuaţiune aeolată; *ptr* — peretele traheidei; *rm* — raza medulară; (d. I. Grinţescu).

*gonium* sp.) şi unele trochodendracee au un lemn secundar alcătuit din traheide. La multe plante suculente, acvatice ori parazitare, lipsa de trahee poate fi considerată ca un fenomen de reducere sub influenţa condiţiilor de trai (*Nymphaeaceae*, *Cactaceae*, *Podostemonaceae*, *Ceratophyllaceae* ş.a.).

Începînd cu gnetatele, cea mai evoluată clasă a gimnospermelor, toate fanerogamele au lemnul lor secundar alcătuit din trahee şi traheide.

În compoziţia lemnului secundar intră şi *fibrele lemnoase*; acestea dau soliditate lemnului (tei, prun etc.). Ele sînt mai scurte decît fibrele liberiene: (1—3 mm în lungime). Fibrele lemnoase pot să lipsească cu totul în organizarea lemnului secundar.

**Parenchimul lemnos** se formează în mică cantitate sau este aşa fel împrăştiat printre celelalte elemente lemnoase încît nu poate să fie observat microscopic (molid, pin, stejar, fag). În unele cazuri însă parenchimul lemnos se poate observa în secţiuni transversale şi cu ochiul liber (*Juglans regia*, *Pterocarpus santalinus*); uneori formează fîşii tangenţiale (*parenchim metatraheal*) sau alcătuieşte insule mici (*parenchim paratracheal*). La unii arbori (*Ulmus* sp.) în fiecare inel anual se pot distinge mai multe inele concentrice de parenchim lemnos.

Acolo unde parenchimul lemnos se prezintă ca nişte insule mici izolate (parenchim paratraheal) acestea sînt legate între ele prin anastomoze, formînd o reţea care atinge vasele cît şi elementele vii ale razelor medulare.

La unele plante parenchimul lemnos conţine laticifere (*Carica papaya*) sau conţine canale secretoare (conifere).

În cazul rănirii lemnului, dar şi în mod normal, în vasele lemnoase vechi ale multor plante celulele parenchimatice se hipertrofiază în lumenul vaselor, prin punctuaţii sau prin pereţii subţiri rămaşi între inele sau spirale. Aceste porţiuni subţiri ale pereţilor, comune celulelor parenchimatice cît şi vaselor, cresc în suprafaţă şi sînt împinse, sub presiunea turgescenţei, din celula parenchimatică vie spre interiorul vaselor, formînd nişte vezicule sau hernii, cărora li s-a dat denumirea de *tile*.

**Liberul secundar.** Liberul secundar poate fi alcătuit din *tuburi ciuruite*, *celule anexe*, *parenchim liberian* şi *elemente mecanice* la care se mai adaugă şi partea razelor medulare care se formează spre exterior de zona generatoare.

Cele dintîi *tuburi ciuruite* secundare ce se formează prin diferenţierea celulelor cambiale, sînt prevăzute cu plăci ciuruite oblice. În multe cazuri celulele anexe lipsesc, fiind înlocuite de celule parenchimatice liberiene, bogate în materii proteice. Tuburile ciuruite şi celulele anexe, sau parenchimul care le înlocuieşte, sînt în general de scurtă durată; la sfîrşitul perioadei de vegetaţie aceste elemente se golesc şi sînt strivite, în timp ce parenchimul lemnos poate să funcţioneze mai mulţi ani. Elementele mecanice ale liberului secundar pot alcătui un sclerenchim fibros (fibre liberiene) sau alcătuiesc un sclerenchim scleros.

Fibrele liberiene lipsesc, de exemplu la *Abies* sp., *Fagus* sp., *Platanus* sp., *Viburnum* sp. ş.a.; în schimb lipseşte sclerenchimul scleros la *Cupressus* sp., *Taxus baccata*, *Ulmus* sp., *Morus* sp., *Lonicera* sp., *Sambucus nigra*, *Berberis vulgaris*, *Tilia* sp. ş.a. Rare sînt plantele al căror liber şi ţesut cortical să fie lipsit de ori ce fel de ţesut mecanic (*Nerium oleander*, *Laurus nobilis*, *Cornus* sp., *Ribes* sp., *Buxus sempervirens* ş.a.).

Fibrele liberiene sînt izolate sau formează mici pachete (alun, carpen, plop, soc) sau straturi concentrice, întrerupte de razele medulare (*Salix* sp., *Vitis vinifera*, *Tilia* sp.), *Castanea vesca*, *Quercus robur*, *Clematis vitalba*). Cînd fibrele liberiene sînt dispuse în straturi concentrice, atunci aceste straturi se formează cîte unul sau mai multe în fiecare an: la păr se formează cîte un strat, la tei cîte două straturi în fie-



©Rediviva 2013

care an. Vîrsta unei ramuri poate fi determinată uneori după numărul straturilor fibrelor liberiene.

Fibrele liberiene sînt întotdeauna mai lungi și mai flexibile decît fibrele lemnoase.

La unele acantacee (*Thunbergia* sp.) și la unele malpighiacee (*Dicella* sp.) lemnul secundar prezintă incluziuni de liber secundar, adică grupe mai mari sau mai mici de tuburi ciuruite (liber interxilar). Originea acestui liber poate fi de două feluri. În unele cazuri și în anumite puncte, liberul secundar se diferențiază în mod normal adică la exterior de zona generatoare; mai tîrziu însă, în dreptul acestor puncte zona generatoare încetează a mai funcționa. De la un timp porțiunile de zonă generatoare învecinate se racordează trecînd peste insulele de liber secundar. Zona generatoare libero-lemnoasă refăcută, funcționează din nou în mod normal. De la un timp fenomenul se repetă în alte puncte ale zonei generatoare.

Exemple de astfel de incluziuni de liber secundar în lemn se constată la *Strychnos nux vomica, Thunbergia* sp. ș.a. În alte cazuri liberul interaxilar ia naștere din parenchimul lemnos (*Mucuna* sp., *Dicella* sp. ș.a.).

Uneori liberul secundar conține laticifere (*Compositae, Papaveraceae, Campanulaceae*) sau conține canale secretoare (*Umbelliferae, Araliaceae, Anacardiaceae* ș.a.).

De regulă se formează mai puțin liber secundar decît lemn secundar. La arborii cu periderm simplu (fag, carpen) stratul de liber secundar de abia dacă are 1 mm grosime, ceea ce este puțin, comparativ cu masa lemnului secundar.

**Razele medulare secundare.** Razele medulare, fie în partea liberiană, fie în partea lemnoasă, sînt alcătuite din elemente relativ lungi, parenchimatice și în general orientate în sens radial. În lemn, ele se aseamănă cu celulele parenchimului lemnos; sînt lignificate și au punctuațiuni simple, diferind de elementele parenchimului lemnos numai prin orientarea lor. Razele medulare servesc la conducerea substanțelor nutritive în sens radial.

Lățimea și grosimea razelor medulare variază. La *Cucurbitaceae*, la *Aristolochiaceae* și în general la liane, razele medulare sînt voluminoase. La arbori, din contră, razele medulare sînt uneori reduse la un singur strat de celule (brad). O structură mai complicată o prezintă razele medulare ale unor conifere (*Pinus* sp.). Aici razele medulare constituie lame radiale și sînt alcătuite dintr-un singur strat de celule. În partea lemnoasă a tulpinii razele sînt alcătuite din celule parenchimatice bogate în substanțe proteice; aceste celule vii sînt dispuse la mijloc, pe cînd în sus și în jos sînt însoțite de celule moarte prevăzute cu punctuațiuni areolate precum și cu îngroșări de forma unor crestături. Aceste celule traheidale, orientate în sens radial, servesc la conducerea apei. Văzute în secțiune tangențială (v. fig. 53), razele medulare de la conifere sînt fusiforme. În mijlocul razelor mai mari se găsește uneori și cîte un canal secretor. În partea liberiană a tulpinii razele medulare prezintă de asemenea un dimorfism. Celulele de la mijlocul razelor medulare sînt și aici lungi și orientate în sens radial. Cît privește celulele marginale, ele sînt vii și se prezintă ca niște celule palisadice, lungindu-se paralel cu axa tulpinii.

Razele medulare primare, care trec de la măduvă pînă în scoarță, sînt în general mai late decît *razele medulare secundare*. Acestea din urmă iau naștere dintr-o celulă cambială. Într-o secțiune transversală printr-o tulpină lemnoasă se poate observa că aceste raze merg numai pînă la o anumită adîncime, care depinde de epoca în care s-au format.

În sfîrșit, la unele plante ierbacee, precum și la unii arbori, razele medulare pot să lipsească.

**Structura tulpinii la Tilia cordata** (tei). Într-o secțiune transversală făcută într-o ramură tînără de tei (fig. 162) se observă la exterior resturi din epidermă de culoare brună. În unele locuri epiderma este ruptă și exfoliată.



©BacAbuzu 2013

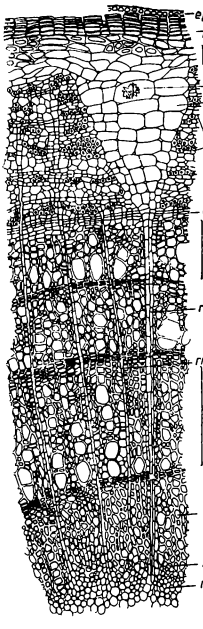



**Fig. 162.** Secțiune transversală într-o ramură de *Tilia cordata* de 3 ani: *cb* — cambiu; *ep* — epidermă pe cale de a se exfolia; *cr* — cristal de oxalat calciu; *ia* — inele anuale de lemn secundar; *lbs* — liber secundar cu fibre liberiene; *lmp* — lemn primar; *m* — măduvă; *pd* — parenchim de dilatare; *pe* — periderm; *rmp* — rază medulară primară; *rms* — rază medulară secundară; *sp* — scoarță primară; *zps* — zonă perimedulară sclerificată (d. L. Blodwen).

Mai spre interior se află *scoarța secundară*; la tei, periderma este de origine subepidermică.

*Suberul secundar* este alcătuit din cîteva straturi de celule turtite, brune, care au păstrat ordinea radială în care s-au diferențiat. *Felodermul* conține clorofilă; el se confundă cu parenchimul scoarței primare.

*Endoderma* este reprezentată în organele foarte tinere printr-o teacă amiliferă; mai tîrziu endoderma se distinge greu.

În periciclu se observă că părțile alipite de liber sînt sclerificate, pe cînd părțile care stau în dreptul razelor medulare sînt parenchimatice.

*Liberul secundar* văzut în secțiune are forma unui trapez a cărui latură externă este mai scurtă decît latura dinspre cambiu. Într-o secțiune necolorată se observă în liber straturi concentrice de fibre. Stratul de fibre cel mai exterior este de origine primară și aparține periciclului. În primii doi ani se formează cîte un strat de fibre secundare; mai tîrziu se formează cîte două straturi în fiecare an. Alternînd cu straturile de fibre se află fișiile de liber propriu-zis; acesta este alcătuit din tuburi ciuruite, celule anexe și parenchim liberian.



CarteAdmin 2013

*Cambiul* se distinge uşor la limita dintre liberul secundar şi lemnul secundar.

*Lemnul secundar* este alcătuit din tot felul de elemente lemnoase. Considerînd un inel lemnos se constată că lemnul dinspre exterior (lemnul de primăvară) este alcătuit în mare parte din trahee cu diametru mare, în timp ce traheele dinspre interior prezintă un lumen din ce în ce mai îngust (lemnul de toamnă).

Razele medulare din partea lemnoasă sînt înguste; cele primare prezintă, în secţiune transversală, două rînduri de celule; cele secundare prezintă numai un singur strat.

În partea liberiană însă, razele medulare primare se lărgesc îndată ce trec de zona generatoare. Aici celulele medulare parenchimatice au rolul de a mări circumferinţa cilindrului exterior pe măsură ce tulpina se îngroaşă; din această cauză li s-a dat numele de *parenchim de dilatare*.

În mijlocul cilindrului central se află măduva alcătuită din celule mari, poliedrice, pline cu aer, prevăzute cu punctuaţiuni simple şi mici. În măduvă se pot observa adeseori celule dispuse în formă de rozetă în jurul unei celule sau al unei grupe de celule înguste care conţin amidon, sau tanin.

În scoarţă, în liber şi în parenchimul de dilatare se găsesc mulţi ursini de oxalat de calciu.

*Inele anuale.* În legătură cu schimbul anotimpurilor se constată o periodicitate în felul cum funcţionează zona generatoare libero-lemnoasă; de aici rezultă o structură concentrică a cilindrului central. Toamna, zona generatoare libero-lemnoasă încetează a mai funcţiona; primăvara următoare ea îşi începe din nou activitatea formînd un nou manşon de liber secundar la interiorul celui din anul precedent pe care îl împinge către exterior şi un nou manşon de lemn secundar care se suprapune peste manşonul lemnos din anul trecut. În fiecare an se va forma astfel cîte un manşon de liber şi unul de lemn secundare (fig. 163).

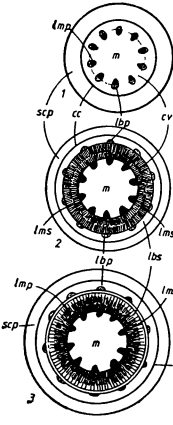



Fig. 163. Formarea inelelor anuale în tulpina dicotiledonatelor:
*1* — structură primară; *2* — structura tulpinii la sfîrşitul anului întîi; *3* — la sfîrşitul anului al doilea: *cv* — cambiu vascular; *cc* — limita dintre scoarţă şi cilindru central; *lbp* — liber primar; *lbs* — inele cu liber secundar; *lmp* — lemn primar; *lms* — inele de lemn secundar; *m* — măduvă; *scp* — scoarţă primară (d.I. Grinţescu).

Razele medulare secundare, deja formate în liberul şi lemnul secundar din primul an, se vor continua în liberul şi lemnul secundar ai anilor următori; pe măsură însă ce tulpina se îngroaşă se mai formează şi alte raze medulare noi. Comparînd lemnul de primăvară cu lemnul de toamnă se constată că ele se deosebesc. Lemnul de primăvară este alcătuit din vase cu lumenul mare, ceea ce permite o abundentă circulaţie a sevei. În afară de aceasta, se ştie, că primăvara intensitatea transpiraţiei este foarte mare. Lemnul de toamnă, din contra, este alcătuit din vase cu lumenul mai mic. Toamna consumul apei este mai restrîns. În lemnul de toamnă predomină sclerenchimul (fibre lemnoase). Datorită acestui fapt este uşor de precizat limita dintre lemnul de toamnă şi cel de primăvară, ceea ce permite determinarea cu exactitate a vîrstei unei ramuri sau tulpini. La unele plante, după doi sau trei ani, se mai poate distinge poziţia fasciculelor lemnoase primare; cît priveşte fasciculele liberiene primare, acestea fiind necontenit împinse către exterior şi strivite, din cauza presiunilor de la interior, se disting mai greu. Le putem totuşi recunoaşte prin aceea că ele se găsesc în planul de simetrie al fasciculelor lemnoase primare.

Grosimea inelelor anuale variază de la o plantă la alta în funcţie de mediu şi de vîrsta plantei. De regulă grosimea acestora creşte cu vîrsta plantei pînă la un maximum, după care urmează o descreştere. În general la arborii cu lemnul moale inelele sînt groase. La plopul negru, de exemplu, ele pot atinge pînă la 2 cm ceea ce face ca un plop al cărui diametru este de 2 m să nu depăşească 50 de ani. La arborii şi arbuştii cu lemnul tare inelele anuale sînt foarte subţiri (*Taxus baccata, Buxus sempervirens, Citrus aurantium, Olea europaea* ş.a.).

La arborii solitari mai este de observat că partea inelelor dinspre sud, adică dinspre lumină este întotdeauna mai subţire decît partea orientată spre nord (structură excentrică).

Grosimea fiecărui strat sau inel anual, luat în parte, variază chiar la aceeaşi plantă. Unele inele anuale pot fi foarte subţiri; aceasta se întîmplă în anii cînd după o iarnă lungă a urmat o vară secetoasă.

Dimensiunile la care pot să ajungă trunchiurile arborilor, mai ales la cei ce trăiesc mii de ani, sînt considerabile. În zona lui de origine (California) tulpina unui *Sequoia* ajunge să aibă pînă la 12 m diametru; aceea a unui castan (*Castanea vesca*) ajunge pînă la 10 m în diametru. Cu trunchiurile arborelui „mamuth" (*Sequoia gigantea*) americanii construiesc case zise „dintr-un lemn" adică dintr-un singur trunchi.

*Alburn şi duramen.* La salcîm, la stejar, la fag, la ulm, precum şi la alţi arbori cu lemnul tare lemnul secundar se diferenţiază mai devreme sau mai tîrziu, în două zone distincte: una externă de culoare albă sau gălbuie, numită *alburn* şi alta internă de culoare mai întunecată numită inima lemnului sau *duramen*. Transformarea lemnului alb în duramen este datorată unei modificări de natură chimică a pereţilor celulari.

Dacă se urmăreşte formarea duramenului la un arbore se constată că pe măsură ce duramenul se învecheşte vasele ce-l alcătuiesc pierd însuşirea de a mai conduce apa, parenchimul său îşi pierde vitalitatea şi toţi pereţii se încrustează cu diferite substanţe organice oxidabile, sau chiar cu substanţe minerale; în sfîrşit lemnul devine tot mai greu şi mai rezistent, ceea ce îi măreşte valoarea comercială. Duramenul este întotdeauna preferat în industria lemnului.

La tei, la plop, la mesteacăn, la arţar şi în general la toţi arborii cu lemnul alb şi moale, deosebirea dintre alburn şi duramen este greu de stabilit. La alţi arbori din contră, deosebirea dintre aceste două zone este mare. La băcan (*Haematoxylon campechianum*) duramenul este roşu închis; la guaiac (*Guajacum officinale*)



BCU Cluj / Central University Library Cluj

duramenul este verzui; la palisandru (*Jaccandra* sp.,) este roşu brun; la abanos (*Diospiros* sp.) duramenul este negru.

Vîrsta la care lemnul se transformă în duramen variază de la o plantă la alta. La salcîm, de exemplu, transformarea începe de la vîrsta de 5 ani, la stejar de la 20 ani, la fag de la 35 ani, la frasin de la 40 ani în sus.

**Scoarţa secundară sau periderma.** Unii autori consideră scoarţa secundară echivalentă cu periderma, alţii cu liberul secundar. La tulpinile lemnoase, în special la arbori şi arbuşti, epiderma nu mai corespunde, de la un timp nevoilor sale vitale; aşa, de exemplu, epiderma nu rezistă influenţelor nefavorabile ale mediului înconjurător şi nici nu posedă facultatea de a se dilata pe măsură ce tulpina se îngroaşă. În cele mai multe cazuri acest strat protector este înlocuit cu *scoarţa secundară* sau *periderma*.

Periderma este un complex de ţesuturi generat de un meristem secundar propriu, numit *zonă generatoare peridermică* sau *felogen*.

Felogenul funcţionează la fel ca şi zona generatoare libero-lemnoasă. El produce spre exterior *suber*; în anumite cazuri *feloid* iar spre interior *feloderm*.

**Cicatrizarea rănilor.** Cînd, printr-o secţiune făcută tangenţial, se îndepărtează periderma unei tulpini lemnoase, se observă că la suprafaţa rănii se formează o nouă peridermă care va da naştere unui strat de suber zis *suber de cicatrizare*. Cînd însă se jupoaie o bucată de scoarţă pînă la lemn, adică se îndepărtează periderma, pericicluI, liberul secundar şi zona generatoare libero-lemnoasă, atunci pe marginea zonei generatoare, care conturează rana se formează un *burlet de cicatrizare*. Burletul înaintează din ce în ce pînă cînd acoperă complet rana. La suprafaţa burletului se formează o peridermă superficială ca şi mai sus.

**Structura tulpinii la liane.** Lianele, în special cele tropicale, prezintă numeroase anomalii de structură. Tulpina lor este volubilă; razele lor medulare, voluminoase înlesnesc răsucirea atît în jurul lor cît şi învîrtirea în jurul suporturilor (fig. 164). Caracteristica celor mai multe liane este că au un stereom slab, în schimb vasele lor lemnoase au un calibru atît de mare încît pot fi văzute şi cu ochiul liber.

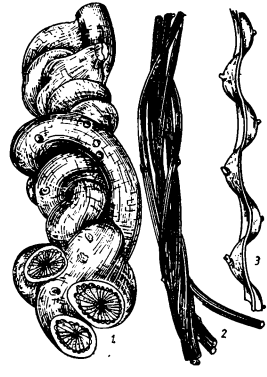



Fig. 164. Tipuri de liane:
*1 — Periploca* sp.; *2 — Menispermum carolinianum; 3 — Bauhinia* sp. (d. I. Grinţescu).

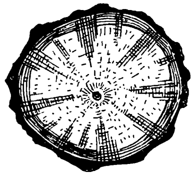


Fig. 165. Structura tulpinii de la *Bignonia* sp. (d. I. Grințescu).

Cele mai multe anomalii ale lianelor sînt datorate torsiunilor, flexiunilor, tracțiunilor și altor cauze mecanice, care modifică formarea și dispoziția țesuturilor secundare.

Principalele anomalii ale lianelor pot fi grupate în următoarele patru categorii: în prima categorie intră: *Bignoniaceae, Malpighiaceae* și *Apocynaceae*. La aceste liane tulpina prezintă, la început un cilindru central cu structură normală. Mai tîrziu însă, în anumite puncte ale zonei generatoare libero-lemnoase se dezvoltă mai mult lemn secundar, în alte puncte se dezvoltă, din contră, mai mult liber secundar. După un anumit timp corpul lemnos al lianei se prezintă adînc crestat. La unele bignoniaceae există patru crestături dispuse cruciș; la altele crestăturile sînt mai numeroase (fig. 165). De altfel de multe ori formarea alternativă a lemnului și a liberului secundar se compensează, așa că la sfîrșit tulpina rămîne tot cilindrică.

În categoria a doua intră de asemenea *Malpighiaceae, Bignoniaceae* precum și unele *Caesalpiniaceae*. La aceste liane la început avem un singur cilindru central, mai pe urmă însă cilindrul se fragmentează în mai multe fragmente (segmente) diferite atît ca formă cît și ca mărime. Cauza acestei fragmentări este formarea meristemelor secundare în diferite puncte ale parenchimului lemnos, ale razelor medulare, ale liberului secundar sau chiar ale țesutului cortical. Mai tîrziu, se poate întîmpla ca împrejurul fiecărei porțiuni lemnoase să se formeze o zonă generatoare liberolemnoasă. Rezultatul final va fi o *polistelie* de origine *schizostelică*. În unele cazuri se mai poate ca fiecare stel să-și formeze cîte un periderm propriu și în cele din urmă să se deslipească chiar complet unele de altele, dînd astfel tulpinii aspectul unui odgon.

În a treia categorie sînt incluse unele sapindacee urcătoare (*Paullinia* sp., *Serjania* sp., *Thinouia* sp., ș.a.) cu tulpini polistelice; spre deosebire de categoria anterioară polistelia este de origine primară. Stelurile se diferențiază de la început din meristemul primar și fiecare stel este prevăzut cu cîte o zonă generatoare proprie. Acest tip de structură prezintă foarte multe variații: așa de exemplu la unele tulpini există un stel mare înconjurat de mai multe steluri mici, în alte cazuri toate stelurile sînt cam de aceeași mărime. Dezvoltarea ulterioară este însă asemănătoare cu tipul precedent.

În sfîrșit, a patra categorie de liane prezintă o creștere în grosime ce se face la început în mod normal; mai pe urmă se formează înspre exterior noi zone generatoare libero-lemnoase. Aceste zone generatoare supranumerare se pot forma succesiv, sau în scoarța primară, cum este cazul de la glicină (*Wisteria sinensis*) sau iau naștere în liberul secundar, formîndu-se astfel o serie de arcuri concentrice (*Gnetum* sp., *Ipomoea* sp., *Convolvulus* sp. ș.a.). Din fiecare zonă generatoare se diferențiază liber către exterior și lemn către interior. Tot în această categorie sînt incluse și unele menispermacee (*Cocculus* sp.), la care zonele generatoare supranumerare se formează succesiv numai pe o parte a periferiei cilindrului central începînd cu endoderma și continuînd cu celelalte straturi ale scoarței interne. În cele din urmă rezultă o tulpină turtită caracteristică pentru această plantă.



©BedAbelia 2013

La unele *Caesalpiniaceae* (*Bauhinia* sp.) pot coexista mai multe tipuri de anomalii, ceea ce complică şi mai mult structura tulpinii lianelor.

Astfel de zone generatoare supranumerare se mai găsesc în afară de liane şi la multe chenopodiacee, amarantacee, nictaginacee ş.a. La sfeclă, de exemplu, aceste zone generatoare apar succesiv în periciclu sau în scoarţa primară, formînd inele complete. În timp de un an pot să se formeze opt pînă la zece asemenea zone generatoare. Acestea funcţionează normal formînd liber spre exterior şi lemn spre interior. Pe măsură ce se formează noi zone generatoare, cele de la interior încetează a mai funcţiona. În multe alte cazuri aceste zone generatoare extrafasciculare nu formează inele complete ci numai fişii sau arcuri locale, de unde rezultă cordoane de liber înglobate în lemn (liber interxilar).

### 3.2.9.10. Formaţiuni secundare în tulpina monocotiledonatelor

De regulă în tulpina monocotiledonatelor nu se formează ţesuturi secundare. Totuşi la *Dracaena draco*, la *Yucca filamentosa*, la *Cordyline* sp., *Aloe* sp. ş.a. se întîlnesc îngroşări produse de o zonă generatoare. Dar, spre deosebire de conifere şi de dicotiledonate, unde există o zonă generatoare interfasciculară, aici zona generatoare se formează într-un strat cortical. În afară de acesta, mai este de observat că la monocotiledonatele citate zona generatoare prezintă o activitate cu totul deosebită de aceea a celorlalte antofite. Zona generatoare nu produce spre exterior decît parenchim, iar spre interior produce un meristem secundar în care se diferenţiază, ici şi colo, cîte un cordon cambial care printr-o diferenţiere ulterioară se transformă în cîte un fascicul (fig. 166). Partea meristemului, în care sînt înglobate aceste noi fascicule, devine un ţesut secundar.

La *Dracaena draco* fasciculele secundare nu diferă de cele primare decît prin aceea că sînt concentrice (leptocentrice), în timp ce fasciculele primare sînt colaterale. Fasciculele secundare se mai deosebesc de cele primare şi prin aceea că nu au o teacă de sclerenchim. Partea lemnoasă a unui fascicul secundar este alcătuită aproape în întregime din traheide areolate.

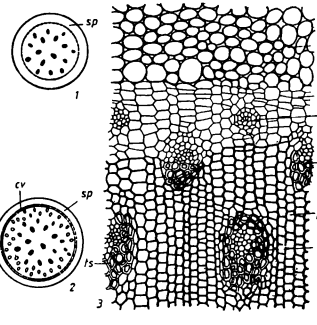



Fig. 166. Formaţiuni primare şi secundare într-o tulpină de *Dracaena draco*: *1* — structură primară; *2* — structură secundară; *3* — detaliu al acesteia: *cv* — cambiu vascular; *f* — fascicul liberolemnos la începutul formării sale; *fc* — fascicul complet format; *fl* — fascicul leptocentric; *pse* — parenchim secundar format către exterior; *psi* — parenchim format către interior; *sp* — scoarţă primară; *ts* — teacă de sclerenchim (d. W. Troll şi I. Grinţescu).



©BCUCluj 2019

## 3.3. Frunza (Folium)

Frunza este cel de al treilea organ vegetativ al cormofitelor (gr. *kormos-*; *phyton-*), reprezentînd o expansiune laterală a tulpinii şi formînd împreună cu aceasta lăstarul.

La cele mai multe plante frunza are un singur plan de simetrie, care trece prin nervura sa mediană. În acest caz spunem că frunza are o simetrie bilaterală sau este monosimetrică (fig. 167) fiind turtită pe un plan perpendicular faţă de cel de simetrie. Excepţie fac juncaceele şi unele crasulacee care au frunzele cilindrice, cu o *simetrie radiară*; mult mai rar, frunza poate fi *asimetrică* (*Ulmus* sp.).

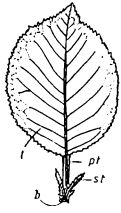



Fig. 167. Morfologia unei frunze: *b* — baza frunzei; *l* — limb; *pt* — peţiol; *st* — stipele; (d. M. Andrei).

Frunza se deosebeşte de tulpină atît prin structură, care cel mai adesea este *dorsiventrală*, cît şi prin creşterea sa *definită* (limitată). La puţine plante frunza creşte în mod continuu *Welwitschia mirabilis* ş.a.

Funcţiile principale ale frunzei sînt fotosinteza, transpiraţia şi respiraţia. Forma foliară, caracteristică a spermatofitelor s-a realizat în procesul de continuă adaptare şi perfecţionare, prin organizarea unui ţesut asimilator veritabil, asociat cu ţesuturile de susţinere şi cele de conducere. Prin comprimarea limbului foliar se creează o suprafaţă mult mărită de dispunere a cloroplastelor, care pot astfel primi o mare parte din radiaţiile solare.

În afară de funcţiile enumerate unele frunze (adesea metamorfozate) s-au adaptat şi pentru îndeplinirea altor funcţii: protecţie, absorbţie, înmagazinare de substanţe nutritive de rezervă, nutriţie carnivoră, înmulţire vegetativă etc.

### 3.3.1. Filogenia frunzei

Asupra originii şi evoluţiei istorice a frunzei a fost mai întîi formulată părerea că este un organ ancestral, de bază, care apare într-o mare diversitate de forme şi care nu a putut deriva dintr-un alt organ, mai simplu. Această părere, de interpretare idealistă, nu admite că frunza s-a format prin transformări succesive.

Progresele realizate în cunoaşterea organizării psilofitinelor au condus la ideea că frunza este un organ comprimat şi lăţit, care derivă din organe axiale, cilindrice.

Aşadar, originea frunzei trebuie căutată în grupul psilofitinelor Devoniene, adică al plantelor vasculare formate exclusiv din axe dihotomic ramificate, lipsite de frunze şi rădăcini cu o structură anatomică simplă.

Procesul de constituire a frunzei s-a desfăşurat, în timp, pe două direcţii principale: microfiliană (gr. *mikros-*; *phyllon-*) şi macrofiliană (gr. *makros-*; *phyllon-*).

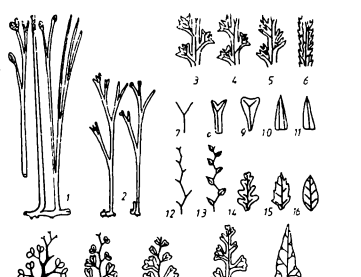


Fig. 168. Originea filogenetică a frunzei: *1 — Rhynia major; 2 — Horneophyton ligneri* plante dihotomic ramificate cu sporangi şi fără frunze: *3—6* — transformarea frunzelor dihotomic ramificate *(3)* în microfile simple *(6)*; *7—11* — derivarea frunzei de *Lycopodium sp. (11)* dintr-o axă dihotomic ramificată *(7)*: *8* — începutul foliarizării; *9* — foliarizarea (*Calamophyton* sp.); *10* — frunza de *Sigillaria* sp.; *12—16* — derivarea frunzei plantelor superioare prin foliarizarea ramificaţiilor simpodiale; *12* — *Psilophyton*; *13* — *Zygopteridale*; *14* — *Pteropside*; *15—16* — frunze întregi de la plantele superioare; *17—21* — derivarea unei frunze de la plantele superioare *(21)* prin foliarizarea ramificaţiilor terminale ale dihotomiei de tip *Stauropteris* evoluat (d. C. Toma).

Pentru explicarea acestui proces s-au emis două ipoteze mai importante: ipoteza *enaţiunii* şi a *cladodificării*.

*Ipoteza enaţiunii* explică evoluţia frunzei pe linia microfilină, conform acesteia frunzele au luat naştere din emergenţe sau excrescenţe numite *enaţii* solziforme, din axele lipsite de frunze ale psilofitinelor mai primitive. Enaţiile erau fie simple, nevascularizate (*Psilophyton* sp.), fie aproape turtite cu început de vascularizare la bază (*Asteroxylon* sp.) sau cu o vascularizare mai profundă (*Arthrostigma* sp.). Din aceste emergenţe solziforme, parţial sau total vascularizate, au evoluat cu timpul frunzele de tip licopodioid, întîlnite şi la reprezentanţii actuali ai licopodinelor sau pteridofitelor microfiline (*Lycopodium* sp., *Selaginella* sp., *Equisetum* sp.) (fig. 168).

*Ipoteza cladodificării* (gr. *klados*) sau a telomului (gr. *telos* = capăt) explică evoluţia frunzei pe linia macrofiliană. Conform acestei ipoteze frunzele de dimensiuni mari, de la majoritatea cormofitelor, provin din axe numite *telomi primordiali*, care s-au lăţit şi foliarizat, devenind cladodii. Astfel de axe există la psilofitinele (de tip *Pseudosporochnus*) care fac trecerea de la formele inferioare, afile (de tip *Horneophyton, Rhynia*) la cele mai diferenţiate, bogat ramificate.

Microfilele pteridofitelor fosile (*Calamophyton* sp., *Sigillaria*) ar fi provenit din capetele neramificate ale ramurilor dihotomice care s-ar fi transformat prin depăşire la vîrf, în tulpini cu microfile dihotomice aşezate lateral (*Asterocalamites* sp.). Ulterior, din aceste microfile ramificate dihotomic au derivat cele simple.

Frunzele de la speciile actuale de *Lycopodium* pot fi derivate din emergenţe ale tulpinii sau provin din unirea şi lăţirea unor ramificaţii dihotomice care au trecut prin mai multe forme intermediare (*Protolepidodendron* sp., *Calamophyton* sp. şi *Sigillaria* sp.). La acestea dubla nervură din „frunză" poate fi considerată ca reprezentînd două ramuri ale unei axe ramificate dihotomic de la care axa propriu-zisă a dispărut.

Macrofilele unor cormofite au provenit în urma turtirii axelor dihotomice sau telomilor şi apoi foliarizarea treptată a acestora. Apropierea şi orientarea telomilor în acelaşi plan a condus la o concreştere laterală, parţială a axelor lăţite (turtite) şi la foliarizarea telomilor într-un organ asemănător frunzei.

Formarea „frunzei" din telomi la pteridofite se poate urmări pornind de la ferigile foarte vechi *Stauropteris* sp., la care „frunzele" sînt axe ramificate dihoto-

mic. La ferigile mai evoluate se observă o foliarizare a ramificațiilor extreme, ce se extinde apoi și la ramificațiile de mai jos, așa încît la *Zygopteridales* doar rachisul „frunzei" mai este caulinar; ulterior foliarizarea coboară pînă la baza „frunzei", în timp ce ramificațiile foliarizate se măresc și mai mult, concrescînd între ele.

Poziția orizontală, mai avantajoasă pentru fotosinteză, a acestor organe asemănătoare frunzelor a determinat în cursul evoluției ulterioare, structura heterofacială (dorsiventrală) de la marea majoritate a plantelor.

Frunzele de la spermatofite s-au format tot pe calea foliarizării ramificațiilor sterile ale tulpinii. La pteridosperme se mai recunosc încă sistemele de telomi. Ulterior are loc cladodificarea ramurilor dihotomice și simpodiale, care începe cu ramurile laterale și se întinde apoi în lungul axei principale. Segmentele foliare au crescut, ajungîndu-se la frunzele întregi. Din acest tip de frunză primitivă, cu limb simplu, întreg, stipelat și cu nervațiune penată, au derivat frunzele cu nervațiune palmată, arcuată și paralelă. Din frunzele simple cu nervațiune penată și palmată, cu limbul mai mult sau mai puțin întreg, ar fi luat naștere frunzele compuse de la unele angiosperme. După alte păreri, frunza cea mai primitivă ar fi cea compusă, din care prin concreșterea foliolelor ar fi derivat frunza simplă, mai întîi cu limb divizat, iar apoi cu limb întreg.

Așadar, în toate cazurile expuse frunzele provin, în filogeneză, din telomi laterali primitivi, care au parcurs următoarele etape:

— agregarea lor în urma ramificării și scurtării internodurilor cu care ocazie telomul principal devine nervură principală, iar telomii laterali, nervuri secundare;

— aplatizarea (turtirea) telomilor și realizarea unei simetrii dorsiventrale, în structura căreia predomină parenchimul asimilator;

— singenia (concreșterea) treptată a telomilor aplatizați și ca urmare constituirea limbului.

În concluzie, după ambele ipoteze frunza are origine caulinară, fapt ce ar putea fi susținut prin existența de ramificații laterale metamorfozate, cu aspect de frunze asimilatoare (filocladiile de la diferite specii de *Ruscus*, *Phyllanthus* ș.a.).

Evoluția frunzei mergînd pe două căi, s-a ajuns la pteridofitele microfiliene pe de o parte (tip *Lycopodium*) și la pteridofitele macrofiliene, la gimnosperme și angiosperme, pe de altă parte.

Posibilitatea derivării frunzelor de tip licopodioid și din enații și din ramificații dihotomice (prin depășire în creștere și apoi cladodificare) sugerează ideea de a pune la baza evoluției frunzei, în dezvoltarea sa istorică, o singură cale de diferențiere, din axa tulpinală.

### 3.3.2. Ontogenia frunzei

Frunza ia naștere pe cale exogenă (gr. *exo-*; *gennao* = a se naște), din țesuturile meristematice care constituie apexul tulpinii principale și al ramurilor, mai rar din meristeme laterale. Din aceste țesuturi se formează *primordiile foliare*, care sînt niște proeminențe de aspect variat: de negi sau mameloane cu baza eliptică (*Elodea canadensis*), de solzi sau dinți tripartiți (*Ulmus* sp.), de umflături circulare sau burleți (*Iris* sp.) etc. (fig. 169).

După ipoteza „tunica-corpus", primordiile foliare pot proveni: numai din tunică, prin diviziuni periclinale (*Triticum* sp., *Secale* sp., și multe alte monocotiledonate), din tunică și stratul extern al corpusului (*Avena* sp., *Zea mays*), din tunica și cîteva straturi externe ale corpusului (*Allium* sp., *Scrophularia* sp.), precum și în alte moduri. Prin diviziuni anticlinale și periclinale rezultă celule ce dau naștere primordiului, mic la început, dar care apoi se mărește treptat. Cercetările de morfo-



Digitized by Arhiva 2019

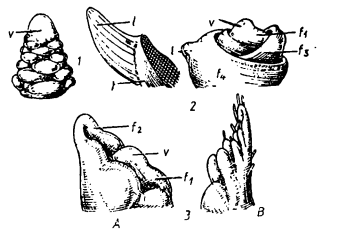



Fig. 169. Formarea primordiilor foliare: *1 — Elodea canadensis; 2 — Iris germanica; 3 — Ranunculus acer (A, B): l* — limb; $f_1$ — $f_4$ ordinea formării primordiilor foliare; *t* — teacă; *v* — vîrf vegetativ (d. I. Grințescu).

geneză au condus la ideea că, cu cît tunica este formată din mai multe straturi, cu atît originea primordiului foliar în apex este mai profundă.

Pe conul vegetativ caulinar, primordiile foliare apar în mod *acropetal* (gr. *akros* = vîrf; lat. *peto* = a se îndrepta), adică cele mai noi iau naștere mereu înspre vîrf. Pe măsură ce se formează și deci se îndepărtează de vîrf, primordiile cresc treptat, devenind din ce în ce mai mari. Timpul care se scurge între formarea a două primordii sau a două perechi de primordii consecutive se numește *plastohron* (gr. *plastikos* = formativ; *hronos* = timp); durata acestuia diferă de la o specie la alta (2 zile la *Galium mollugo*, 44 zile la *Aloe picatilis*, 1 an la *Pteridium aquilinum*).

După ipoteza „inclului inițial", primordiile foliare iau naștere în lungul conului vegetativ pe seama unui țesut numit *filogen* (gr. *phyllon-*; *genesis-*), dispus sub forma unui inel superficial, care a rezultat din tunică, la o anumită depărtare de zona apical-axială.

Odată cu individualizarea primordiului foliar are loc și diferențierea lui morfologică în pețiol, limb și anexe foliare. La început primordiul prezintă o parte bazală, mai umflată (din care vor rezulta baza frunzei și anexele foliare) și o parte terminală, mai subțire (din care vor rezulta pețiolul și limbul). La cele mai multe dicotiledonate formarea limbului este precedată de diferențierea viitorului pețiol și nervurii mediane.

Datorită faptului că în primele stadii de dezvoltare fața externă (inferioară) a primordiului crește mai repede decît cea internă (superioară), primordiile foliare care se află în muguri se arcuiesc și se apleacă peste conul vegetativ, pe care-l protejează. Creșterea în suprafață pe cele două fețe se echilibrează abia cînd frunza se desface.

Procesul ontogenetic* implică morfogeneza (gr. *morphe-*; *genesis-*) sau diferențierea morfologică a frunzei și histogeneza (gr. *istos-*; *genesis-*) sau diferențierea țesuturilor.

*Morfogeneza* are loc treptat, primordiul transformîndu-se fie începînd de la bază spre vîrful meristematic, prin *diferențierea acropetală*, ca la pteridofite, fie de la vîrf spre bază, prin *diferențiere bazipetală* (gr. *basis* = bază; lat. *peto-*) ca la multe angiosperme ierboase (*Caryophyllaceae, Iridaceae, Gentianaceae* ș.a.), fie din partea lui mijlocie, ca la unele angiosperme lemnoase (*Populus* sp., *Syringa* sp. ș.a.).

Această diferențiere morfologică este în primul rînd consecința creșterii primordiului în lungime, lățime și grosime.

*Creșterea în lungime* are loc rareori numai la vîrful primordiului foliar (*Pteridophyta, Ginkgo biloba, Drosera rotundifolia* ș.a.). La cele mai multe plante, activitatea zonei meristematice situată în poziție terminală este de scurtă durată și de

* (gr. *onta* = existent; genesis-).



CarteAgro 2013

aceea curînd intră în activitate zona intercalară (mai ales la frunzele lung peţiolate). La unele gimnosperme (*Welwitschia* sp., *Pinus* sp. ş.a.) şi la multe monocotiledonate (*Iris* sp., *Sansevieria* sp., ş.a.) se pare că există o singură zonă intercalară, pe seama căreia frunza creşte toată viaţa ei. La marea majoritate a angiospermelor, frunzele cresc în lungime pe seama a două sau mai multe zone meristematice intercalare.

*Creşterea în grosime* interesează atît limbul, dar mai ales peţiolul. Creşterea limbului se limitează numai la nervura mediană şi are loc datorită activităţii unui meristem subepidermal; în puţine cazuri (*Plantago* sp. ş.a.) creşterea în grosime se face pe toată întinderea limbului foliar.

*Creşterea în lăţime* se datoreşte atît creşterii marginale, cît şi celei în suprafaţă (rezultat, la rîndul ei, al diviziunii şi măririi celulelor). Ea începe de la baza primordiului şi se deplasează mai întîi în anexele foliare, iar apoi în limb. Cînd această creştere persistă mai mult timp la baza primordiului, rezultă frunze cu limb mai lat decît lung (de contur cordiform, reniform etc.). Cînd creşterea în lăţime persistă mai mult timp la mijlocul primordiului rezultă frunze cu limb eliptic. Cînd această creştere este localizată îndeosebi la vîrful primordiului, rezultă frunze cu limb obcordat, obovat, spatulat etc.

Dinţii sau lobii limbului foliar rezultă prin încetarea mai timpurie a creşterii marginale în anumite puncte. Dacă această creştere încetează în anumite puncte chiar pe marginea primordiului tînăr atunci iau naştere frunze penat-compuse (protuberanţele meristematice laterale vor da naştere foliolelor laterale, iar protuberanţa situată apical va da naştere foliolei terminale — în cazul frunzelor imparipenat-compuse). Dacă creşterea marginală se opreşte în anumite puncte de la baza primordiului, iau naştere frunze palmat-compuse.

Diferenţierea protuberanţelor de pe marginile primordiului poate avea loc în sens acropetal, bazipetal, în ambele sensuri sau simultan. Între frunzele cu dezvoltare acropetală se cuprind mai toate cele compuse de la spermatofite (*Fraxinus* sp., *Ailanthus* sp., *Vicia* sp. ş.a.). Frunzele cu dezvoltare bazipetală sînt, de asemenea frecvente (*Acer* sp., *Vitis* sp., *Lupinus* sp., *Rosa* sp. ş.a.).

**Cazuri particulare de morfogeneză. Frunza palmierilor** (*Phoenix* sp.) au limbul plisat încă din primordiu şi la maturitate apare divizat în fîşii lungi numite pinule. Meristemul din muchiile pliurilor se dezorganizează, iar ţesutul de legătură dintre pliuri se resoarbe, astfel încît limbul se divide în pinule; acestea se distanţează datorită creşterii intercalare a nervurii mediane şi în consecinţă frunza este aparent penat-compusă. Frunzele de tip palmat (*Chamaerops humilis*) se dezvoltă în mod identic, însă segmentele rămîn alipite pe o oarecare lungime şi pleacă toate din acelaşi punct.

*Frunzele cu limb perforat* (*Monstera deliciosa* ş.a.) îşi datoresc aspectul faptului că în anumite puncte creşterea încetează la un moment dat rezultînd perforaţii de diferite forme şi mărimi.

*Frunzele cu limb sfîşiat* (*Musa sapientium*) sînt lipsite de nervuri laterale, de tip monocotiledonat, motiv pentru care limbul este uşor sfîşiat, îndeosebi de vînt.

*Frunzele peltate* (*Hydrocotyle* sp.) şi cele transformate în urne (*Nepenthes* sp.) sau vezicule (*Utricularia* sp.) se formează datorită apariţiei pe primordiul limbului a unor protuberanţe care participă, împreună cu restul primordiului, la formarea limbului, iar locul de inserţie a peţiolului este mai mult sau mai puţin îndepărtat de baza sau marginea acestuia.

### 3.3.3. Prefoliaţie sau vernaţie

În timpul cît se găsesc în mugure, frunzele tinere sînt aşezate în moduri variate. Modul cum sînt dispuse frunzele, luate fiecare în parte (nu în raport cu altele) se



CDed Alunis 2013

Fig. 170. Diferite tipuri de prefoliație:
*1 — plană (Pinus sylvestris); 2 — conduplicată (Ulmus campestris); 3 — plicată (Fagus sylvatica); 4 — rectinată (Liriodendron tulipifera); 5 — involută (Populus nigra); 6 — revolută (Rumex patientia); 7 — convolută (Convallaria majalis); 8 — circinată (Dryopteris filix mas)* (d. I. Grințescu).

numește *prefoliație* sau *vernație*. Prefoliația poate fi de mai multe feluri (fig. 170): *plană*, frecventă la plantele cu frunze înguste (*Pinus* sp.); *conduplicată*, cînd frunza este îndoită în lungul nervurii mediane, cu jumătățile aplicate una pe alta (*Ulmus* sp., *Corylus* sp., *Rosa* sp.); *Quercus* sp.); *plicată*, cînd frunza este îndoită după nervurile laterale (*Carpinus* sp., *Fagus* sp.) sau după nervurile divergente (*Acer* sp.); *involută*, cînd jumătățile limbului sînt răsucite spre fața superioară (*Populus* sp., *Pyrus* sp.); *revolută*, cînd jumătățile limbului sînt răsucite spre fața inferioară (*Primula* sp., *Nerium* sp., *Rumex* sp.); *convolută*, cînd limbul este răsucit fie în același sens sau în sens opus față de mișcarea acelor de ceasornic, cu o margine înăuntru și una în afară (*Convallaria* sp., *Musa* sp., *Canna* sp., *Prunus* sp.,) *circinată* sau *scorpioidă*, cînd frunza este răsucită în spirală, de la vîrf spre bază (*Pteropsida*, *Cycas circinalis*).

## 3.3.4. Foliație sau estivație

Modul cum sînt dispuse frunzele într-un mugure, considerate unele în raport cu altele, se numește *foliație* sau *estivație*, termeni valabili și pentru modul de așezare a pieselor din mugurul floral. Foliația poate fi și ea de mai multe feluri (fig. 171): *apertă* sau *liberă*, cînd frunzele unui ciclu se răsucesc independent una de alta (*Populus* sp., *Ulmus* sp.): *valvată*, cînd frunzele unui ciclu se ating între ele prin marginile lor (sepalele de la *Malva* sp., petalele de la *Phyladephus* sp.); *contortă*, cînd frunzele unui ciclu se acoperă în așa fel încît mugurul, foliar sau floral, este răsucit fie spre dreapta, fie spre stînga (*Convolvulus* sp., *Gentiana* sp.); *imbricată*, cînd frunzele se acoperă ca și solzii sau țiglele; la rîndul ei, foliația imbricată poate fi: ascendentă,



©PetiAlbino 2013

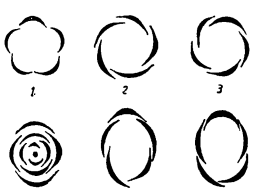


Fig. 171. Diferite tipuri de estivație:
*1 — valvată (Deutzia sp.); 2, 3 — contortă (Gentiana sp.); 4 — imbricată (Syringa sp.); 5 — imbricată descendentă (papilionacee); 6 — imbricată ascendentă (cesalpiniacee); 7, 8 — echivalentă (Iris sp., Carex sp.); 9 — semiechitantă Salvia sp.* (d. I. Grințescu).

cînd frunzele anterioare se află în poziția exterioară a ciclului (*Caesalpinoideae*) sau descendentă, cînd cele posterioare sînt în această poziție (*Fabaceae*); *amplexă* sau *echitantă*, cînd frunzele mai vechi învelesc pe cele mai noi, mugurii cu astfel de foliație avînd două (*Iris* sp.) sau trei (*Carex* sp.) muchii; *obvolută* sau *semiechitantă*, cînd două frunze răsucite își acoperă fiecare reciproc cîte o jumătate (*Salvia* sp., *Lychnis* sp.).

### 3.3.5. Tipuri de frunze sub raport ontogenetic și funcțional

a. *Cotiledoanele* (gr. *kotiledon* = cavitate). Reprezintă primele frunze care iau naștere în viața plantei. Ele se prezintă fie ca niște frunzulițe foarte subțiri, cu nervuri încă incomplete (*Ricinus communis*) fie ca niște formațiuni groase, bogate în substanțe de rezervă (*Phaseolus vulgaris*).

La majoritatea plantelor cu *germinație epigee* (gr. *epi-*; *ge-*) cotiledoanele formează cloroplaste și au rol asimilator în primele etape ale ontogenezei plantei, iar după un timp oarecare se usucă și cad (*Malus* sp., *Pyrus* sp., *Tilia* sp., *Fagus* sp., *Carpinus* sp., *Trifolium* sp., *Phaseolus vulgaris*). Uneori cotiledoanele persistă toată viața plantei, reprezentînd singurele frunze asimilatoare. Este cazul de la *Monophyllaea* sp. la care unul din cotiledoane crește mult; la baza lui se dezvoltă inflorescența. La plantele cu *germinație hipogee* (gr. *hypo-*; *ge-*), cotiledoanele rămîn în sol, sînt groase (bogate în substanțe de rezervă) și nu conțin cloroplaste (*Pisum sativum*, *Quercus* sp., *Phaseolus multiflorus* ș.a., precum și majoritatea monocotiledonatelor). Pe măsură ce se dezvoltă plantula, cotiledoanele se golesc de substanțele de rezervă, se usucă și cad.

Numărul cotiledoanelor variază: 2—15 (gimnosperme), 2 (dicotiledonate) sau 1 (monocotiledonate). La multe plante semiparazite (*Viscum album*) și parazite (*Cuscuta* sp., *Orobanche* sp.), precum și la orchidee, cotiledoanele lipsesc.

b. *Catafilele* (gr. *kata-*; *phyllon-*). Numite încă și frunze inferioare, acestea sînt organe reduse, incomplet constituite în comparație cu frunzele tipice, luînd naștere din segmentul inferior al primordiilor foliare.

De cele mai multe ori sînt constituite numai din teacă, pețiolul lipsind iar limbul (cînd există) fiind redus. De regulă, catafilele servesc ca organe de apărare și mai rar, de depozitare, fiind prezente la muguri și tulpini subterane (stoloni, tuber-



CC-BY-SA 2013

culi, rizomi, bulbi). Solzii mugurilor au în general, culoare brună și uneori sînt acoperiți cu peri, iar alteori cu substanțe cleioase (*Populus* sp., *Acer pseudoplatanus*, v. fig. 122). Catafilele pot fi caduce (la muguri) sau persistente (la bulbi, rizomi).

c. Nomofilele (gr. *nomos-*; *phyllon-*). Sînt frunze mijlocii sau propriu-zise, verzi, complet dezvoltate, numite încă și tipice sau normale, avînd rolul principal în fotosinteză, transpirație și schimbul de gaze.

Adesea se face distincție între frunzele primordiale sau primare (protofile) și cele următoare (metafile). *Protofilele* (gr. *protos-*; *phyllon-*) se formează imediat după cotiledoane, în loc de catafile, sau după acestea din urmă. Ele rămîn adesea foarte mici în comparație cu frunzele propriu-zise și diferă ca formă de acestea, fiind simple și avînd limbul întreg (*Trifolium* sp., *Onobrychis* sp., *Phaseolus* sp., *Fraxinus sp.*) sau mai puțin lobat (*Acer* sp., *Quercus* sp.), fiind mai scurte (*Phyllitis scolopendrium*) sau mai înguste (*Sagittaria sagittifolia*), solitare, cu trei muchii și cu marginea dințată (*Pinus sylvestris*), aciculare (*Thuja* sp.) sau cu dispoziție opusă (*Eucalyptus* sp.). *Metafilele* (gr. *meta-*; *phyllon-*) se formează mai tîrziu, la plantele tinere și la cele mature. Unii autori numesc „frunze de tinerețe" pe acelea care apar pînă la înflorirea plantei; așa ca de exemplu, la *Hedera helix* frunzele palmat-lobate sînt„nomofile de tinerețe", iar cele întregi sînt „nomofile mature".

În funcție de nivelul la care se inseră, nomofilele pot fi radicale și caulinare, prezentînd uneori deosebiri de formă și structură între ele.

d. *Hipsofilele* (gr. *ipsi* = sus; *phyllon-*). Numite încă și frunze superioare, sînt ultimele organe foliare formate pe tulpină. Ele reprezintă mai ales organe de protecție pentru floare sau inflorescență, făcînd trecerea spre piesele periantului.

Drept hipsofile sînt considerate bracteile (în axila cărora se formează flori sau inflorescențe), elementele involucrului și ale involucelului (*Umbelliferae, Compositae*), glumelele (*Poaceae*), spata care învelește inflorescența unor plante (*Araceae*), bracteea care însoțește floarea de la *Galanthus nivalis*, elementele caliculului și ale caliculului (*Malva* sp., *Fragaria* sp., *Potentilla* sp.), bracteile ce formează cupa fructelor de *Quercus* sp., *Fagus* sp., *Castanea sativa* ș.a. (fig. 172).

Fig. 172. Diferite tipuri de hipsofile: *1 — Pulsatilla montana; 2 — Anemone hepatica; 3 — Malva rotundifolia; 4 — Quercus* sp.; *5 — Daucus carota; 6 — Eryngium campestre; 7 — Taraxacum officinale: br* — bractei; *cl* — calicul; *cu* — cupă; *i* — involucru; *iv* — involucel (d. I. Grințescu).



©BioAbanis 2013

## 3.3.6. Morfologia frunzei

La o frunză completă deosebim următoarele părţi: *limbul* sau *lamina*, *peţiolul* sau *codiţa* şi *baza frunzei*.

O frunză la care putem deosebi cele trei părţi menţionate se numeşte *completă*.

În stare tînără, adică atîta timp cît se află în mugure, frunza prezintă o *faţă internă*, care priveşte spre axa mugurelui şi o *faţă externă* care priveşte spre exterior. La maturitate, se deosebeşte o faţă superioară sau *adaxială* şi una inferioară sau *abaxială* pe care se observă adesea nervurile.

*Frunzuliţele de la muşchii frunzoşi* (*Polytrichum* sp., *Bryum* sp., *Mnium* sp. ş.a. fig. 173) sînt mici, sesile, uninerve, cu limbul îngust-lanceolat, ascuţit la vîrf şi dinţat pe margini, cu o structură destul de simplă, din care lipsesc totdeauna vasele conducătoare veritabile.

*Frunza pteridofitelor* actuale are valoarea unui organ pentru care se consideră mai adecvat termenul de *frondă*; aceasta are o creştere apicală definită sau pînă la completa ei formare (care uneori poate dura chiar mai mulţi ani), însuşire asemănătoare cu accea de la tulpină. Prefoliaţia este *circinată*, *scorpioidă*, adică frunza este răsucită de la vîrf spre bază în formă de spirală. În timp ce la multe ferigi actuale fronda este încă foarte divizată (însuşire ce trebuie pusă în legătură cu dezvoltarea ei filogenetică), există şi grupe cu fronda mai puţin divizată şi de dimensiuni mari.

Fronda pteridofitelor prezintă o morfologie foarte variată. În acest grup întîlnim fronde vegetative sau trofofile (gr. *trophe* = nutriţie; *phyllon*-) sterile şi fronde fertile sau sporofile (gr. *spora* = sămînţă; *phyllon*-) cînd frondele îndeplinesc ambele funcţii se numesc trofosporofile (*Phyllitis* sp., *Dryopteris* sp., ş.a.).

La multe pteridofite (în special cele din grupa *Pteropsida*) fronda este formată din peţiol şi limb (*Dryopteris* sp., *Phyllitis* sp., *Marsilea* sp., *Osmunda regalis* ş.a.), la altele nu este diferenţiată în cele două părţi (*Selaginella* sp., *Lycopodium* sp., *Isoetes* sp. ş.a.); la *Equisetum* sp., frondele sînt mici, brune, reduse la scvame sau solzi, inserate în verticil la noduri şi concrescute pe o bună parte din lungimea lor, formînd astfel o teacă dinţată.

Nervaţiunea poate fi reprezentată printr-o singură nervură; frondele se numesc uninerve (*Selaginella* sp., *Lycopodium* sp.) (fig. 174) sau prin mai multe nervuri dispuse

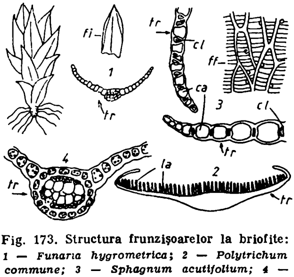



Fig. 173. Structura frunzişoarelor la briofite: *1* — *Funaria hygrometrica*; *2* — *Polytrichum commune*; *3* — *Sphagnum acutifolium*; *4* — *Mnium* sp.: *ca* — celule acvifere; *cl* — celule cu cloroplaste; *ff* — fragment din frunză văzut de sus; *fi* — frunză izolată; *la* — lamele asimilatoare; *tr* — secţiune transversală (d. I. Grinţescu, H. Abbayes şi colab.)

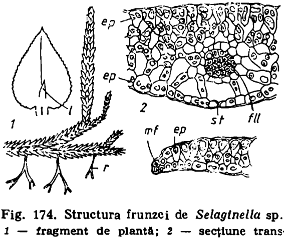



Fig. 174. Structura frunzei de *Selaginella* sp.: *1* — fragment de plantă; *2* — secţiune transversală prin frunză: *ep* — epidermă; *fll* — fascicul libero-lemnos; *l* — ligulă; *mf* — marginea frunzei; *r* — rădăcină; *st* — stomate; (d. I. Grinţescu).

fie după tipul penat (*Polypodium* sp.), fie după tipul palmat (*Pteridium aquilinum*). Limbul poate fi întreg (*Phyllitis* sp., *Salvinia natans*), penat-partit (*Polypodium vulgare*), penat-sectat (*Asplenium* sp.) sau dublu-sectat (*Anthyrium* sp.).

*Frunza gimnospermelor* poate fi de tip liniar-acicular (conifere) solzos-cărnos, alipită de axă (*Thuja* sp.) sau solzos-membranos (*Ephedra* sp.). Unele gimnosperme (*Cycas* sp., *Ginkgo biloba*, *Welwitschia* sp.) au frunze asemănătoare ca formă și alcătuire cu cele de la angiosperme. O nomofilă completă prezintă adesea anexe foliare; o frunză fără peţiol se numeşte sesilă. Frunzele fără anexe foliare se numesc exstipelate, iar cele cu astfel de formaţiuni (îndeosebi stipele) se numesc stipelate (*Vitaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae* ş.a.). La plantele din uncle familii (*Umbelliferae*) partea bazală a peţiolului creşte mult în lăţime, devenind teacă sau vaginâ. La *Poaceae* şi *Cyperaceae* frunzele sînt sesile iar teaca, foarte bine dezvoltată, înconjură tulpina pe o lungime variabilă.

Frunza se numeşte *simplă* cînd limbul nu este divizat în părţi separate, distincte. În acest sens este simplă şi frunza cu limbul întreg, ca cea de la *Malus* sp., şi cea cu limbul divizat, ca la *Vitis vinifera*, dar nu în părţi fixate fiecare aparte pe peţiolul comun. Ca regulă generală se poate spune că la frunza simplă peţiolul poartă numai un limb, care poate fi întreg sau cu marginea mai slab sau mai adînc divizată.

Frunza se numeşte *compusă* cînd limbul este divizat în părţi distincte numite *foliole*, inserate toate pe o axă comună numită *rahis*.

### 3.3.6.1. Limbul sau lamina frunzei

Limbul este partea principală a frunzei, lăţită şi de regulă turtită într-un plan; limbul are forme foarte variate dar toate pot fi derivate din următoarele forme fundamentale: *circulară*, *eliptică* şi *ovală*.

La un limb de formă *circulară* cele două diametre sînt egale, iar întretăierea lor are loc în centrul cercului. La forma *eliptică*, diametrul transversal este mai mic decît longitudinal, întretăierea lor producîndu-se şi aici în centrul elipsei. La forma *ovală*, diametrul transversal este mai mic decît cel longitudinal, dar întretăierea lor are loc sub mijloc, adesea în treimea bazală a limbului.

Pentru scopuri taxonomice, ca şi pentru morfologia frunzei în general, interesează nu numai forma limbului, ci şi a vîrfului, bazei, marginea, orientare generală, modul de divizare, consistenţa, nervaţiunea, pilozitatea ş.a.

**Forma generală a limbului**. Formele de limb mai des întîlnite sînt (fig. 175): eliptică, la fag (*Fagus sylvatica*); *oblongă*, ca o elipsă turtită de trei pînă la zece ori mai lungă decît lată, ca la cătină (*Lycium halimifolium*); *ovată* ca la păr (*Pyrus sativa*); *obovată*, de forma unui ou, dar inversat cu lăţimea maximă deasupra mijlocului, ca la gutuiul japonez (*Chaenomeles japonica*); *ovat-lanceolată*, adică limbul este de două ori mai lung decît lat, ca la ştir (*Amaranthus retroflexus*); lanceolată, cînd limbul este de patru ori mai lung decît lat, ca la salcie (*Salix alba*); *circulară* sau *orbiculară*, ca la plopul tremurător (*Populus tremula*); *reniformă* ca la pochivnic (*Asarum europaeum*); *triunghiulară* ca la lobodă (*Atriplex patula*); *romboidală*, ca la mesteacăn (*Betula pendula*); *deltoidă*, ca la plopul negru (*Populus nigra*); *cordiformă* sau cordată, ca la tei (*Tilia cordata*); *sagitată*, ca la săgeata apei (*Sagittaria sagittifolia*); *hastată*, cînd limbul are forma unei pene de hîrleţ, ca la măcrişul mic (*Rumex acetosella*); *spatulată*, ca la bănuţei (*Bellis perennis*); *cuneiformă* sau *cunealâ*, cînd limbul este lat la vîrf şi îngust la bază ca la saxifragă (*Saxifraga cuneifolia*); *falcată*, adică în formă de coasă, ca la *Bupleurum falcatum*; *scutată*, adică în formă de scut, ca la măcrişul de munte (*Rumex scutatus*); *liniară*, ca la firuţă (*Poa pratensis*) *ensiformă*, adică în formă de sabie, ca la stînjenel (*Iris germanica*); *subulată*, adică îngustă, rigidă şi ascuţită la vîrf, ca la ienupăr (*Juniperus communis*); *acicular*ă sau *aciformă*, ca la pin



CDeLaUnu 2013

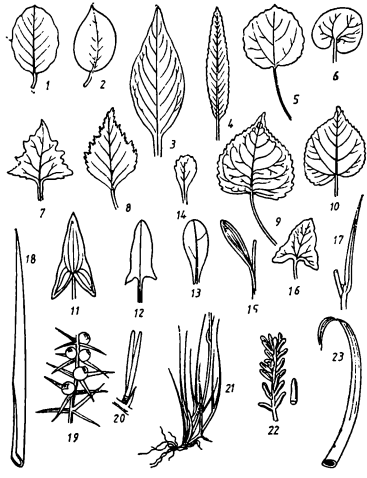


Fig. 175. Forme de lamină (limb):
*1 — eliptică (Fagus sylvatica); 2 — ovată (Pyrus communis); 3 — ovat-lanceolată (Amaranthus retroflexus); 4 — lanceolată (Salix alba); 5 — circulară sau orbiculară (Populus tremula); 6 — reniformă (Asarum europaeum); 7 — triunghiulară (Atriplex patula); 8 — romboidală (Betula pendula); 9 — deltoidă (Populus nigra); 10 — cordiformă (Tilia cordata); 11 — sagitată (Sagittaria sagittifolia); 12 — hastată (Rumex acetosella); 13 — spatulată (Bellis perennis); 14 — cuneată (Saxifraga cuneifolia); 15 — falcată (Bupleurum falcatum); 16 — scutată (Rumex scutatus); 17 — lineară (Poa pratensis); 18 — ensiformă (Iris germanica); 19 — subulată (Juniperus communis); 20 — aciformă (Pinus sylvestris); 21 — setacee (Festuca duriuscula); 22 — cilindrică (Sedum acre); 23 — fistuloasă (Allium cepa)* (d. I. Grinţescu).

(*Pinus sylvestris*); *setacee*, adică lungă, rigidă şi foarte subţire, ca la păiuş (*Festuca duriuscula*); *cilindrică* şi plină, ca la *Sedum acre*; *fistuloasă*, adică cilindrică şi goală în interior, ca la ceapă (*Allium cepa*).

**Baza limbului** poate fi: *rotundă*, ca la păr (*Pyrus sativa*); *cordată*, ca la toporaşi (*Viola odorata*); *sagitată*, ca la drob (*Isatis tinctoria*); *hastată*, ca la măcrişul mic (*Rumex acetosella*); *reniformă*, ca la pochivnic (*Asarum europaeum*); *cuneată*, adică îngustată prelung precum pana de despicat, ca la bănuţei (*Bellis perennis*); *atenuată*, ca la *Viola persicifolia*; *acută* sau ascuţită, ca la salcie (*Salix alba*); *dilatată*, ca la susai (*Sonchus oleraceus*); *auriculată*, adică cu cîte o urechiuşă de o parte şi de alta a unei adînciturii înguste, ca la tutun (*Nicotiana tabacum*); *decurentă*, cînd se continuă în lungul tulpinii, ca la *Centaurea solstitialis*; *asimetrică*, ca la ulm (*Ulmus campestris*) (fig. 176).



Digitized by 2019

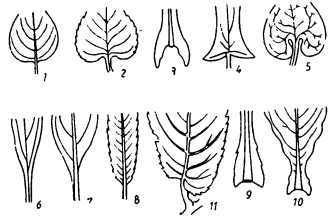


Fig. 176. Forme ale bazei limbului: *1* — rotundă (*Pyrus communis*); *2* — cordată (*Viola odorata*); *3* — sagitată (*Isatis tinctoria*); *4* — hastată (*Rumex acetosella*); *5* — reniformă (*Asarum europaeum*); *6* — cuneată (*Bellis perennis*); *7* — atenuată (*Viola persicifolia*); *8* — ascuțită (Salix alba); *9* — dilatată (*Sonchus oleraceus*); *10* — auriculată (*Nicotiana tabacum*); *11* — asimetrică (*Ulmus campestris*) (d. I. Grințescu).

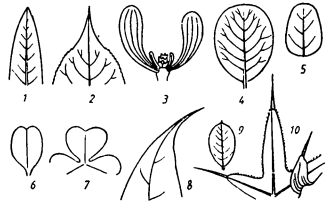


Fig. 177. Forme ale vîrfului limbului: *1* — vîrf ascuțit (*Salix alba*); *2* — acuminat (*Prunus padus*); *3* — obtuz (*Vescum album*); *4* — rotund (*Cotinus coggygria*); *5* — trunchiat (*Coronilla sp.*); *6* — știrbit sau emarginat (*Colutea arborescens*); *7* — obcordat (*Oxalis acetosella*); *8* — cuspidat (*Verbascum phlomoides*); *9* — mucronat (*Vicia* sp.); *10* — spinos (*Cirsium lanceolatum*) (d. I. Grințescu).

**Vîrful limbului** poate fi: *acut* sau ascuțit, cu marginile drepte sau convexe ca la salcie (*Salix alba*) (fig. 177); *acuminat*, adică ascuțit prelung, cu marginile concave, ca la mălin (*Padus racemosa*); *rotund*, ca la scumpie (*Cotinus coggygria*); *obtuz*, neascuțit, ca la vîsc (*Viscum album*); *trunchiat* sau retezat, ca la coroniște (*Coronilla varia*); *emarginat* sau știrbit, ca la băsicoasă (*Colutea arborescens*); *obcordat* ca la măcrișul de pădure (*Oxalis acetosella*); *mucronat*, adică brusc terminat într-un vîrf ascuțit și subțire, ca la măzăriche (*Vicia sativa*); *spinos*, terminat cu un spin, ca la scaiete (*Cirsium lanceolatum*); *lung* și îngust ca la luminărică (*Verbascum phlomoides*).

**Marginea limbului** poate fi: întreagă sau cu inciziuni, mai mici ori mai mari. Frunză cu marginea *întreagă* și netedă întîlnim la liliac (*Syringa vulgaris*) (fig. 178), cu marginea aspră ca la graminee și ciperacee, cu marginea ciliată la fag (*Fagus sylvatica*), sminținică (*Galium cruciata*), cu marginea ondulată la rezedă (*Reseda lutea*), cu marginea încrețită la izma creață (*Mentha crispa*), cu marginea răsucită către fața superioară la foaia grasă (*Pinguicula vulgaris*), cu marginea răsucită către fața inferioară la salcie (*Salix viminalis*) și levănțică (*Lavandula angustifolia*).

Frunza cu marginea avînd *inciziuni mici* (superficiale) poate fi: *dințată*, cu dinți ascuțiți, perpendiculari față de nervura mediană, ca la alun (*Corylus avellana*),

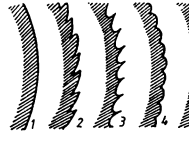


Fig. 178. Tipuri de margine a limbului: *1* — întreagă; *2* — serată; *3* — dințată; *4* — crenată; *5* — sinuată (d. I. Grințescu).

dîrmoz (*Viburnum lantana*); *crenată*, cu dinți rotunjiți, ca la silnic (*Glecoma hirsuta*), *serată*, cu dinți ascuțiți îndreptați spre vîrful limbului, ca la urzica vie (*Urtica dioica*); *sinuată*, ca la plopul tremurător (*Populus tremula*). În unele cazuri marginea poate fi dublu dințată ca la cununiță (*Spiraea ulmifolia*), dublu serată, ca la mesteacăn (*Betula pendula*), carpen (*Carpinus betulus*), tei (*Tilia cordata*) ș.a.

Frunza cu marginea avînd *inciziuni mari* (adînci) poate fi penată și palmată.

La *tipul penat*, inciziunile (care determină formarea de lobi) sînt dispuse de regulă simetric față de nervura mediană a limbului. După adîncimea inciziilor deosebim următoarele tipuri de limb: *penat-lobat*, cînd inciziile nu ajung pînă la mijlocul jumătății limbului, ca la stejar (*Quercus robur*) și gorun (*Quercus petraea*); *penat-fidat*, cînd inciziile ajung la mijlocul jumătății limbului, ca la scorușș (*Sorbus torminalis*); *penat-partit*, cînd inciziile trec de mijlocul jumătății limbului, dar nu ating nervura mediană ca la frunzele de la traista ciobanului (*Capsella bursa-pastoris*), nap curechesc (*Brassica napus*); *penat-sectat*, cînd inciziile ating nervura mediană ca la odolean (*Valeriana officinalis*).

La tipul *palmat*, lobii sînt dispuși în mod simetric în jurul unui punct care se confundă cu vîrful pețiolului. După adîncimea crescîndă a inciziunilor, deosebim și aici următoarele tipuri de limb: *palmat-lobat*, ca la vița-de-vie (*Vitis vinifera*), arțar (*Acer platanoides*), iederă (*Hedera helix*); *palmat-fidat*, ca la ricin (*Ricinus communis*); *palmat-partit*, ca la piciorul cocoșului (*Ranunculus acer*); *penat-sectat* ca la cînepă (*Cannabis sativa*).

Printre frunzele cu limb lobat sînt și cazuri cînd numărul lobilor se reduce la doi (*Ginkgo biloba*) sau trei (*Anemone hepatica*).

În cazul cînd lobii sînt, la rîndul lor, mai mult sau mai puțin crestați, frunza se numește *bipenat-partită* ca la *Papaver argemone*. Și frunzele *penat-sectate* pot fi, la rîndul lor, *bipenat-sectate*, ca la angelică (*Angelica sylvestris*) sau *tripenat-sectată* ca la asmățui (*Anthriscus cerefolium*).

Sînt, în sfîrșit, cazuri cînd limbul este crestat în mod neregulat și atunci frunzele se numesc: *runcinate*, ca la păpădie (*Taraxacum officinale*); *lirate*, ca la ridiche (*Raphanus sativus*); *întrerupt penat-sectate*, ca la cartof (*Solanum tuberosum*).

**Suprafața limbului** poate fi: *netedă*, ca la liliac (*Syringa vulgaris*); *glaucă* sau glaucescentă, de culoare verde-albăstruie pe fața inferioară, ca la păiuș (*Festuca valesiaca*); *lucitoare*, ca la *Mahonia aquifolium* sau *Vaccinium vitis-idaea*; *glabră*, adică fără peri, ca la stejar (*Quercus robur*); *păroasă*, acoperită cu peri relativ lungi, ca la silnic (*Glecoma hirsuta*); *scabră* sau aspră, din cauza perilor scurți și rigizi, ca la *Anchusa ochroleuca*.

**Consistența limbului** poate fi: *ierbacee*, subțire și moale, ca la majoritatea arborilor și arbuștilor, precum și a plantelor ierboase; *pieloasă*, scorțoasă, tare, ca la stejar (*Quercus robur*); *membranoasă*, subțire ca o pieliță, ca la cîrcel (*Ephedra distachya*) sau cărnoasă, cu țesut parenchimatic foarte dezvoltat ca la *Agave*, *Aloe*, *Sedum* ș.a.

**Nervațiunea** reprezintă modul de dispoziție a nervurilor în limbul foliar. Nervurile sînt cordoane sau fascicule conducătoare care se continuă din tulpină, prin pețiol, în limbul foliar. La multe frunze, poziția diferitelor nervuri se poate ușor distinge datorită proeminării lor îndeosebi pe fața inferioară a limbului. După grosimea și poziția lor nervurile pot fi: mediane, secundare, terțiare etc., cele de ultim ordin anastomozîndu-se în mare proporție.

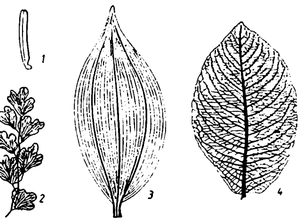
La pteridofite se distinge adesea doar nervura mediană care uneori se ramifică de la baza limbului; mai rar întîlnim o dihotomie a nervurilor, ca la *Dipteris conjugata*.

La unele gimnosperme (*Ginkgo biloba*) nu se formează o nervură mediană, nervațiunea fiind de tip dihotomic. Frunzele aciculare de la conifere au adesea o singură



Digitized by Arhiva pentru Științe 2013

**Fig. 179. Tipuri de nervaţiune:**
1 — frunză uninervă (*Abies pectinata*); 2 — dihotomică (*Adianthum capillus veneris*); 3 — arcuată (*Convallaria majalis*); 4 — penată (*Salix caprea*) (d. I. Grinţescu).



nervură, conţinînd de regulă două fascicule conducătoare mai apropiate sau mai depărtate (fig. 179). La alte gimnosperme (*Gnetum* sp.) nervaţiunea este asemănătoare cu cea de la dicotiledonate.

Pentru multe dicotiledonate este caracteristică *nervaţiunea penată* care constă dintr-o nervură mediană ce străbate limbul în lung de pe care se desprind nervuri laterale secundare sau de ordinul II; ele se termină la marginea limbului fie în dinţii acesteia, fie în hidatode. La frunzele mai lungi, nervurile laterale sînt aproximativ egal distanţate, la cele mai scurte şi mai late ele se ramifică mult la bază. Adesea iau naştere şi nervuri laterale de ordinul II şi III, ori se pot forma şi anastomoze transversale, care determină constituirea unei reţele de nervuri, în ochiurile căreia se termină ramuri de ultim ordin, oarbe.

Pentru alte dicotiledonate este caracteristică *nervaţiunea palmată* sau digitată. Formarea acestui tip de nervaţiune se datorește faptului că nervurile laterale se dezvoltă tot aşa de mult ca şi cea mediană, pornind aproape toate dintr-un punct situat la baza limbului. Ramificarea unilaterală a nervurilor laterale, spre marginea de la baza limbului, duce la formarea unei nervaţiuni pedate (*Helleborus purpurascens*).

Cele mai multe monocotiledonate au *nervaţiune paralelă*: nervurile sînt paralele; ele se unesc la vîrful limbului; între nervuri se formează anastomoze perpendiculare. Tot nervaţiune paralelă prezintă şi frunzele de *Ephedra* sp., *Equisetum* sp., la care însă nu se formează anastomoze.

În frunzele unor monocotiledonate (*Smilax* sp., *Convallaria majalis*, *Tamus communis*) şi dicotiledonate (*Gentiana lutea*) nervurile descriu arcuri care urmăresc conturul limbului, nervaţiunea numindu-se *arcuată*.

Intervalele dintre nervuri se numesc spaţii sau cîmpuri intercostale. Tocmai în ţesuturile din aceste spaţii are loc diviziunea celulelor care asigură creşterea în suprafaţă a limbului foliar.

Diversele categorii de nervaţiune amintite mai sus se pot grupa în două tipuri: 1 — nervaţiunea la care nu se formează anastomoze (conifere), nervaţiunea dihotomică de la pteridofitele fosile, de la *Ginkgo biloba*, nervaţiunea paralelă de la *Equisetum* sp., *Ephedra* sp.; 2 — nervaţiunea la care se formează anastomoze (nervaţiunea paralelă de la monocotiledonate, nervaţiunea penată, palmată şi pedată de la marea majoritate a dicotiledonatelor).

După o clasificare mai nouă (*Metcalfe* şi *Chalk*, 1979), tipurile şi subtipurile de nervaţiune ar fi următoarele:

1. Penată: a. *craspedodromă* (gr. *kraspedon* = margine; *dromos* = fugă); simplă, mixtă, semimixtă;

b. *camptodromă* (gr. *kamptos, kampilos* = curbat; *dromos*-):

— *brochidodromă* (gr. *brochos* = nod, laţ; *dromos*-).

Fig. 180. Tipuri de nervațiune
*1—4* — craspedodromă; *5—7* — camptodromă; *8* — paralelodromă; *9* — campilodromă; *10, 11* — acrodromă; *12—15* — actinodromă; *16* — palinactinodromă (*1—7* nervațiune penată; *8* — paralelă; *9—11* — arcuată; *12—16* — palmată) (d. M. Andrei).

— *eucamptodromă* (gr. *eu-, kamptos, kampilos-, dromos-*).

— *reticulodrom* (lat. *reticulatus-* în formă de rețea; *dromos-*).

— *cladodromă* (gr. *klados-*; *dromos-*).

c) *hifodromă* (gr. *ifii* = pînză; *dromos-*).

2. *Paralelă*

3. *Arcuată*

4. *Acrodromă* (gr. *akros-*; *dromos-*): bazală și suprabazală, perfectă și imperfectă.

5. *Actinodromă* (gr. *aktis, aktinos-*; *dromos-*).

6. *Palinactinodromă* (gr. *palin-* de revenire; *aktis, aktinos-*; *dromos-*): bazală și suprabazală, perfectă și imperfectă (marginală și reticulată), flabelată (fig. 180).

În cazul nervațiunii craspedodrome, nervurile secundare merg pînă la marginea limbului (*Fagus sylvatica*); la cea acrodromă, nervurile sînt arcuite și merg pînă la vîrful limbului (*Cornus mas*); la cea camptodromă, nervurile secundare nu ajung nici pînă la margine, nici pînă la vîrful limbului (*Rhamnus frangula*); la cea brochidodromă, vîrfurile nervurilor secundare sau terțiare se anastomozează la marginea limbului.

Nervurile sînt importante pentru viața frunzei, deoarece îi dau soliditate și asigură o circulație rapidă a sevei.

În afară de caracterele morfologice enumerate, limbul frunzelor mai poate fi: *rugos*, ca la jaleș (*Salvia officinalis*); *plisat*, ca la carpen (*Carpinus betulus*); *bășicat*, ca la varză (*Brassica oleracea*); *ondulat*, ca la nufărul alb (*Nymphaea alba*); *canaliculat*, ca la ceapa ciorii (*Muscari commosum*); *carinat*, ca la rogoz (*Carex riparia*); *concav*, ca la (*Nelumbo speciosum*).

Frunzele se mai deosebesc uneori și prin *coloritul* lor: cînd cele două fețe ale limbului sînt de aceeași culoare, frunzele se numesc *concolore*; cînd cele două fețe ale limbului sînt de culori diferite, frunzele se numesc *discolore*. În unele cazuri, limbul foliar prezintă mai multe culori; în această categorie intră frunzele maculate, variegate, striate, zonate etc.



CărtiAzi 2013

### 3.3.6.2. Peţiolul sau codiţa frunzei

Peţiolul susţine şi leagă limbul de tulpină, îl orientează în poziţia cea mai favorabilă faţă de lumină, dar şi într-o poziţie care să micşoreze efectul dăunător al unor factori externi.

De obicei peţiolul se găseşte fixat la baza limbului, mai rar îl găsim prins pe faţa inferioară a acestuia, caz în care frunza se numeşte *peltată* (*Tropaeolum majus*).

Ca formă, peţiolul poate fi: *cilindric* (*Tropaeolum majus*); *comprimat*, în plan perpendicular pe acela al limbului (*Populus tremula*); *dilatat* (*Ranunculus acer*); *umflat*, datorită dezvoltării puternice a aerenchimului ca la *Trapa natans*, *Eichornia crassipes*; *auriculat* cu nişte urechiuşe (*Brassica napus*); *aripat* (*Citrus limonium*); *foliaceu*, adică turtit ca un limb alungit, devenind organ asimilator numit *filodiu*, ca la unele specii de *Acacia* (fig. 181).

Frunzele *sesile* pot fi de mai multe feluri: *lipice* (*Capsella bursa pastoris*); *amplexicaule*, cînd baza limbului înconjură parţial cu cei doi lobi, tulpina, (*Lamium amplexicaule*); *perfoliate*, cînd cei doi lobi de la baza limbului înconjură complet tulpina, ca la *Bupleurum perfoliatum*, *Thlaspi perfoliatum*, *Lepidium perfoliatum*; *decurente*, cînd limbul se prelungeşte sub formă de aripi foliacee mai înguste sau mai late pe tulpină (*Verbascum thapsiforme*), apoi *Centaurea solstitialis*; *conate*, adică cu baza concrescută cu a frunzei opuse, ca la *Lonicera caprifolium*, *Dipsacus sylvester* ş.a. (fig. 182).

La unele fabacee (*Phaseolus vulgaris*, *Mimosa pudica*), baza peţiolului prezintă o articulaţie cărnoasă, care mijloceşte fixarea frunzei pe tulpină; în aceste cazuri spunem că frunzele au *peţiol articulat*. Rolul acestor articulaţii de la baza peţio-

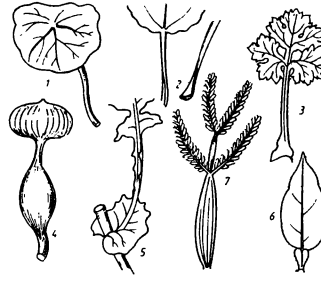



Fig. 181. Tipuri de peţiol:
*1* — cilindric (*Tropaeolum majus*); *2* — comprimat (*Populus tremula*); *3* — dilatat (*Ranunculus acer*); *4* — umflat (*Eichhornia crassipes*); *5* — auriculat (*Brassica napus*); *6* — aripat (*Citrus limonu*); *7* — foliaceu (*Acacia melanoxylon*) (d. I. Grinţescu).

Fig. 182. Frunze lipsite de peţiol:
*1* — frunză sesilă (*Capsella bursa-pastoris*); *2* — amplexicaulă (*Brassica napus*); *3* — perfoliată (*Bupleurum rotundifolium*); *4* — decurentă (*Verbascum thapsiforme*); *5* — conate (*Lonicera caprifolium*) (d. I. Grinţescu).

lului, în mișcările spontane ale frunzei de la plantele citate, este bine cunoscut de la studiul țesuturilor senzitive și de mișcare.

### 3.3.6.3. Baza frunzei

În multe cazuri baza frunzei poate prezenta o ușoară dilatație, ca la *Ficaria verna*, ori se poate transforma într-o teacă sau vaginã, adică o parte mult extinsă, care înconjură complet pe o anumită lungime tulpina, ca la *Umbelliferae*, *Poaceae*, *Cyperaceae*.

Vagina poate fi întreruptă sau cu marginea divizată, poate fi cu marginile concrescute (*Cyperaceae*) sau cu marginile libere (*Poaceae*), poate fi umflată, ventricoasă (unele *Umbelliferae*). La unele plante (*Juncus* sp., *Scirpus* sp., *Ephedra distachya*), frunzele sînt reduse adesea numai la teacă, în care caz tulpina îndeplinește funcția de fotosinteză.

## 3.3.7. Morfologia frunzei compuse

În cazul cînd la o frunză penat-sectată sau palmat-sectată segmentele (foliole) sînt bine individualizate și prevăzute cu un pețiol mic numit *pețiolul*, atunci frunzele se numesc compuse. Între frunzele simple și cele compuse există numeroase forme de trecere, așa încît de multe ori este greu de precizat dacă și cînd o frunză este într-adevăr compusă.

După modul cum se dispun foliolele pe *rahis*, frunzele compuse pot fi *penate* și *palmate*. Rahisul, aflat în continuarea pețiolului, reprezintă fosta nervură mediană a limbului simplu, iar foliolele nu sînt altceva decît subdiviziuni ale acestuia.

Foliolele unei frunze compuse pot fi de ordinul întîi, ca la (*Robinia pseudacacia*), sau de ordinul al doilea, ca la *Gleditsia triacanthos* (fig. 183).

La frunzele *penat-compuse* foliolele se formează pe ambele laturi ale rahisului. Cînd și în vîrful rahisului se formează o foliolă, frunza se numește *imparipenat-compusă*, ca la (*Robinia pseudacacia*, *Rosa canina*) ș.a.

Cînd se formează numai foliolele laterale, frunza se numește *paripenat-compusă*, ca la (*Pisum sativum*, *Vicia* sp. ș.a.); în aceste cazuri foliola terminală este transformată într-un cîrcel.

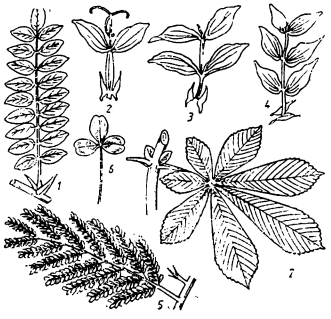



Fig. 183. Tipuri de frunze compuse: *1* — imparipenată (*Robinia pseudacacia*); *2—4* — paripenată (*Lathyrus* sp.); *5* — paripenată compusă (*Gleditsia triacanthos*); *6* — trifoliată (*Trifolium pratense*); *7* — palmat-compusă (*Aesculus hippocastanum*) (d. I. Grințescu).



CarteAzilor 2013

La unele plante (*Gleditsia triacanthos, Mimosa pudica*) pe rahis iau naștere ramuri, iar pe acestea se formează foliolele; frunzele astfel constituite se numesc dublu-penat-compuse.

Frunzele *palmat-compuse* au ca parte de susținere numai pețiolul la capătul căruia se află prinse foliolele. Pot fi frunze compuse *trifoliate*, ca la *Trifolium* sp., pentafoliate, ca la *Lupinus* sp., sau cu mai multe foliole, ca la *Aesculus hippocastanum*.

## 3.3.8. Anexele foliare

Baza frunzelor, îndeosebi a celor lipsite de teacă, poate fi transformată în anexe ale acestora, numite *stipele, ochree* și *ligulă*.

1. **Stipelele** sau **stipulele**. Sînt excrescențe ale bazei frunzei, de regulă, perechi cu o conformație foarte diferită. După dispoziția lor, se cunosc: stipele *laterale*, cînd se formează pe cele două laturi ale pețiolului; *axilare*, adică situate între pețiol și tulpină; *opuse* pețiolului.

La *Melianthus major* cele două stipele de la baza pețiolului se alipesc de timpuriu, rezultînd o singură formațiune dispusă între pețiol și tulpină. Acestui tip de stipele i s-a mai dat și numele de *suprapețiolare*. La alte plante, cu frunze opuse, stipelele se alipesc împreună două cîte două, în așa fel încît formează ceea ce numim stipele *interpețiolare*, ca la *Paronychia cephalotes, Humulus lupulus, Galium cruciata*; în cazul din urmă stipelele sînt asemănătoare cu frunzele.

Stipelele se mai clasifică după formă, mărime, consistență și durată.

În privința *formei* lor, stipelele pot fi: *ovale*, ca la *Liriodendron tulipifera*; *cordiforme*, ca la *Lotus corniculatus*; *reniforme* ca la *Salix caprea*; *semicordate*, ca la *Trifolium campestre*; *hastate*, ca la *Lathyrus* sp.; *lanceolate* și de aceeași formă cu frunzele, ca la *Galium aparine*; *semicordate* și *dințate*, ca la *Crataegus monogyna*; *solziforme*, ca la *Tilia* sp. și *Fagus sylvatica*. De asemenea, stipelele pot fi *libere*, ca la fag sau *concrescute* cu baza pețiolului, ca la trifoi sau la măceș, ori cu tulpina, ca la ghizdei (fig. 184).

Ca mărime, stipelele pot fi: mici, solziforme, ca la tei sau ca la fag; de aceeași mărime cu frunzele, ca la speciile de *Galium, Asperula* ș.a.; mult mai mari decît frunzele, îndeplinind un rol important în procesul de fotosinteză (*Pisum sativum*), (*Lathyrus aphaca* ș.a.); în ultimul caz reprezentînd singurele organe asimilatoare. Uneori se transformă în *spini* (*Robinia pseudacacia*), sau în *cîrcei* (*Smilax aspera*).

După *consistența* lor, stipelele pot fi: foliacee (*Lathyrus aphaca*); *membranoase* (*Humulus lupulus*); *coriacee* sau pieloase (*Paronychia cephalotes*); *filiforme*, servind

Fig. 184. Tipuri de stipele:
*1—3 — stipele înguste și concrescute cu baza pețiolului: 1 — Fagus sylvatica; 2 — Trifolium sp.; 3 — Rosa canina; 4—5 — stipele lățite și concrescute cu tulpina: 4— Lotus corniculatus; 5 — Pisum sativum; st — stipele* (d. I. Grințescu).

ca formațiuni de fixare (cîrcei) (*Smilax aspera*); dure sau pungente, servind ca formațiuni de apărare (spini) (*Robinia pseudacacia*).

În ceea ce privește *durata* lor, stipelele pot fi: *caduce* de timpuriu sau decidue (*Malus* sp., *Pyrus* sp., *Tilia* sp., *Ulmus* sp. ș.a.), sau *persistente* atîta vreme cît persistă și frunzele (ca la majoritatea plantelor prevăzute cu astfel de formațiuni), sau și după căderea acestora (*Robinia pseudacacia*).

Formarea și prezența stipelelor este considerată de mulți autori ca un caracter de inferioritate, ceea ce rezultă și din faptul că ele nu apar la plantele mai evoluate decît în mod cu totul excepțional. Prezența sau absența stipelelor, natura, forma, mărimea și consistența lor, sînt caractere ce servesc la determinarea speciilor.

2. **Ochrea**. Este o formațiune specifică plantelor din familia *Polygonaceae* (*Polygonum* sp., *Rumex* sp.). Provine din concrețerea stipelelor în formă de cornet sau pîlnie de consistență membranoasă, care învelește și protejează baza internodurilor tulpinii și mugurele foliar.

3. **Ligula**. Este o formațiune caracteristică multor poacee și se prezintă ca o expansiune membranoasă, continuînd teaca, de la articulația sa cu limbul. Are dimensiuni și conformații variate și rolul de a împiedica pătrunderea între teacă și tulpină a apei, a sporilor de ciuperci și a dăunătorilor animali.

După forma ei, ligula poate fi: *scurtă* și dințată (*Poa pratensis*); *lungă* și de forma unei manșete membranoase (*Agrostis vulgaris*); *oblongă* și ușor dințată (*Poa trivialis*); *bifidă* (*Polypogon monspeliensis*); *lacerată* sau *sfîrtecală* (*Festuca* sp.); *ciliată* (*Andropogon ischaemum*); *păroasă* (*Eragrostis* sp. ș.a.) (fig. 185).

Frunzele gramineelor mai sînt prevăzute uneori și cu niște dinți sau *urechiușe*, considerate ca prelungiri ale bazei limbului foliar.

**Dimensiunile frunzelor**. Dimensiunile frunzelor variază de la o specie la alta, dar chiar la aceeași specie, după nivelul la care se inseră pe tulpină și în funcție de condițiile pedoclimatice. Factorul principal care condiționează dimensiunile frunzelor este lumina. Se știe că frunzele care primesc direct lumina solară sînt mici, dar mai groase decît acelea care se dezvoltă în lumină difuză.

Luînd în considerație dimensiunile frunzelor putem, folosind metoda biostatistică, să stabilim curba variabilității pentru fiecare specie de plantă. La unii arbori se constată, că pe lîngă frunze mari sînt și frunze de dimensiuni mijlocii,

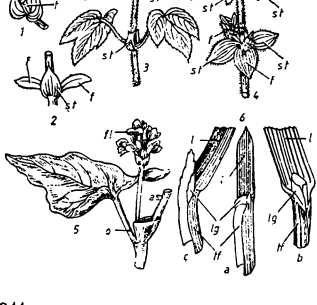



Fig. 185. Alte tipuri de stipele: *1* — concrescute, suprapețiolare; *2* — *(Mellanthus major)*; *2* — interpețiolare *(Paronychia* sp.); *3* — interpețiolare *(Humulus lupulus)*; *4* — idem *(Cruciata levipes)*; *5* — ohrea *(Fagopyrum sagittatum)*; *6* — forme de ligulă la poacee; *a* — *Poa pratensis*; *b* — *Agrostis vulgaris*; *c* — *Poa trivialis*: *as* — axă secundară; *f* — frunză; *fl* — floare; *lg* ligură; *l* — lamină; *o* — ohree; *tf* — teaca frunzei; *st* — stipele (d. I. Grințescu).

precum și frunze mici, iar între extreme există întotdeauna un număr mare de forme intermediare. Așa de exemplu, frunzele larg-cordate de la *Petasites albus* ajung uneori pînă la 80 cm în diametru, în timp ce frunzele penat-sectate de pe lujerii anuali de la *Ailanthus glandulosa* ating lungimea de 140 cm.

La *Gunera scabra* (cultivată în grădinile botanice), frunzele larg-palmat-lobate ating uneori 150 cm în diametru. Diametrul frunzelor de la *Victoria regia*, nufărul de Amazon întrece uneori 200 cm.

Cele mai mari frunze cunoscute pînă acum sînt cele ale unui palmier din regiunea Amazonului, numit *Raphia taedigera*; frunzele lui penat-sectate ajung pînă la 20 m lungime, iar pinulele componente ating 1,5 m lungime. Din frunzele acestui palmier, puse la topit, brazilienii obțin rafia.

**Durata frunzelor.** Din acest punct de vedere deosebim mai multe tipuri de frunze:

a) *Frunze monociclice*. Sînt cele care cad după fiecare perioadă de vegetație, ca la majoritatea plantelor ierboase și lemnoase de la noi, sau după o perioadă de secetă, ca la arbuștii și arborii din deșerturi.

b) *Frunze holociclice*. Ele funcționează timp de un an, însă toamna sînt înlocuite cu frunze noi, care iernează (*Anemone hepatica, Asarum europaeum*).

c) *Frunze pleiociclice*. Acestea durează cel puțin doi ani, ca la conifere. În jurul Mării Mediterane există numeroase specii de arbori și arbuști cu frunze pleiociclice: (*Quercus ilex, Olea europaea, Nerium oleander, Laurus nobilis, Citrus limon* ș.a.).

În general, durata frunzelor este în funcție de climat. Pentru Europa Centrală s-a constatat că, în medie, frunzele mor după ce au atins vîrsta de: *Morus alba* — 175 zile; *Gleditsia triacanthos* — 136 zile; *Rhamnus frangula* — 174 zile; *Ligustrum vulgare* — 205 zile; *Buxus sempervirens* 1—4 ani; *Pinus sylvestris* 1—5 ani; *Abies alba* 2—9 ani; *Picea abies* 2—12 ani.

La unele plante tropicale, așa cum este *Welwitschia bainesii*, cele două frunze cotiledonare, în formă de fîșii lungi, durează peste o sută de ani, adică toată viața plantei.

### 3.3.9. Dispoziția frunzelor pe tulpină (Filotaxia)

Frunzele sînt așezate pe tulpină în anumite locuri numite *noduri*. La un nod se pot insera una, două sau mai multe frunze. Dispoziția frunzelor pe tulpină are loc în conformitate cu anumite reguli, de al căror studiu se ocupă *filotaxia* (gr. *phyllon-*; *taxis-*).

Frunzele sînt întotdeauna dispuse pe tulpină într-o anumită ordine, care este caracteristică pentru anumite tipuri de plante. Această rînduială a funzelor se manifestă deja începînd din mugure, fiind determinată de spațiul restrîns de care dispun primordiile foliare pe vîrful vegetativ al tulpinii, de dezvoltarea ulterioară a primordiilor și de anumiți factori externi (lumina, gravitația ș.a.).

La un nod pot fi așezate una, două sau mai multe frunze.

— Pe lujerii ortotropi frunzele se află dispuse în serii, în lungul unor linii numite *ortostihuri*, de regulă echidistante, în număr redus și constant pentru fiecare specie.

— Echidistanța reprezintă egalitatea intervalelor la care sînt dispuse frunzele la același nod; echidistante sînt și intervalele dintre ortostihuri.

— Unghiul format de intersecția planurilor mediane (de simetrie) a două frunze vecine de la același nod, sau frunze consecutive, de la noduri succesive, se

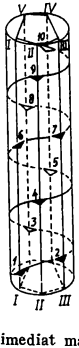



Fig. 186. Dispoziția alternă a frunzelor pe tulpină:
*1, 2, 3* etc. frunze așezate în spirală; *I, II, III, IV, V — ortostichuri*
(d. I. Grințescu)

numește *unghi de divergență* (este unghiul format de planurile duse prin ortostihurile vecine). Echivalentul acestui unghi, redat prin fracțiuni de circumferință, se numește *divergență*.

**Dispoziția frunzelor pe lujerii ortotropi** (gr. *ortos-*; *tropé* = răsucire).

În dispoziția frunzelor pe tulpină deosebim trei tipuri principale: dispoziția alternă, dispoziția opusă și dispoziția în verticil. Unii autori consideră, în mod justificat, că dispoziția opusă este o variantă a celei în verticil.

a. *Dispoziția alternă sau în spirală.* În acest caz, la fiecare nod, se inseră o singură frunză. Linia spirală care poate fi dusă prin punctele de inserție a frunzelor în ordinea apariției lor se numește *spirală generatoare* sau de bază. O frunză de pe spirala generatoare este totdeauna mai tînără decît frunza următoare așezată mai jos, dar este mai în vîrstă decît cea așezată imediat mai sus (fig. 186).

Dacă urmărim inserția frunzelor de-a lungul spiralei generatoare, vom ajunge la o frunză situată exact deasupra frunzei de la care am pornit. Segmentul în spirală care unește punctele de inserție ale acestor două frunze se numește *ciclu*.

În general, spirala generatoare merge în același sens atît pe tulpina principală, cît și pe ramuri. ceea ce se desemnează și sub numele de *homodromie* (gr. *homos, homoios-*; *dromos-*). Uneori însă spirala generatoare de pe ramuri se învîrtește în sens invers față de cea de pe tulpină, ceea ce se desemnează și sub numele de *antidromie* (gr. *anti* = contra; *dromos-*).

În cazul cel mai simplu, frunzele se formează la intervale egale și opuse reciproc, aflîndu-se într-un singur plan. Divergența este de 1/2 și există două ortostihuri (gr. *ortos-*; *stichos-*). Această dispoziție, numită distihă (gr. *di, dis-*; *stihos-*) este frecventă la graminee, iridacee, liliacee, dar se întîlnește și la unele dicotiledonate (*Carpinus* sp., *Tilia* sp., *Corylus avellana*, *Ulmus* sp. ș.a.). În toate aceste situații frunza 3 se află deasupra frunzei 1.

Divergențe frecvente, afară de 1/2, mai sînt: 1/3, 2/5, 3/8, 5/13, 8/21, 13/34 ș.a. Seria aceasta de fracții a fost numită *șirul lui Schimper*. După cum se poate vedea, începînd cu fracția a treia membrii fiecărei fracții reprezintă suma membrilor respectivi ai celor două ce precedă. Primele două fracții reprezintă limita valorilor: 1/2 valoarea cea mai mare, 1/3 — valoarea cea mai mică.

În divergențele 1/2 și 1/3 ciclul este format dintr-o singură învîrtire a spiralei generatoare în jurul tulpinii în timp ce în divergențele 2/2 ciclul este compus din două învîrtiri ș.a.m.d.

Divergența 1/3 este caracteristică pentru *Cyperaceae*, *Alnus* sp. ș.a.; în acest caz, deasupra frunzei 1 se află frunza 4. O divergență frecventă la dicotiledonate este 2/5 (*Chenopodiaceae*, *Polygonaceae*, *Salicaceae*, *Compositae*, *Prunus*, *Pyrus*, *Rosa*); în acest caz, frunza 6 este suprapusă frunzei 1. Tot răspîndită este și divergența 3/8 (*Raphanus* sp., *Linum* sp., *Euphorbia* sp., ș.a.), în schimb divergențele 5/13 și 8/22 sînt mai rar întîlnite.



CarteAgro 2013

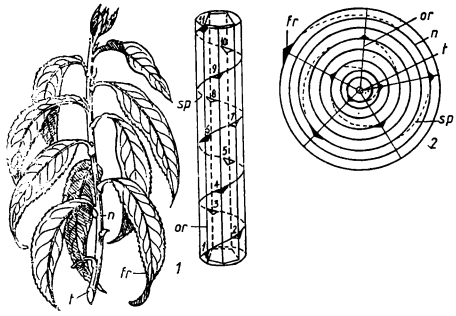



Fig. 187. Divergența foliară:

*1 — Persica vulgaris* (2/5); *2* — diagrama divergenței foliare $\frac{2}{5}$; *fr* — frunze; *n* — nod; *or* — ortostih; *sp* — spirală genetică; *t* — tulpină; *1, 2 ...* — inserția frunzelor la noduri (d. I. Grințescu și I. T. Tarnavschi și colab.).

Numărătorul fracției redă numărul de spire în lungul unui ciclu, iar numitorul, numărul de frunze din ciclu, precum și numărul de ortostihuri. Avîndu-se în vedere numărul ortostihurilor, dispoziția frunzelor se va numi: *distihă* (*Ulmus* sp.), *tristihă* (*Alnus* sp.), *pentastihă* (*Persica vulgaris*) ș.a.m.d. (fig. 187).

Mărimea unghiului de divergență, în divergența 2/5, este $\frac{360 \times 2}{5} = 144°$; în divergența 3/8 mărimea unghiului este de $\frac{360 \times 3}{8} = 135°$ ș.a.m.d.

Cunoscînd divergența se pot deduce toate detaliile dispoziției frunzelor. Fracția (divergența) se stabilește în modul următor: se ia ca punct de plecare o frunză sau un mugure și se determină frunza imediat următoare (suprapusă) de pe ortostih; numărul de muguri sau de frunze între aceste extreme va fi numitorul fracției, iar numărul spirelor dintre acestea va fi numărătorul fracției. În cazul divergenței 2/5, pe același ortostih cu mugurul 1 se află și mugurul 6, iar între ei spirala înconjură de două ori tulpina.

Grafic, așezarea frunzelor pe tulpină poate fi reprezentată printr-un cilindru, prin suprafața desfășurată a unui cilindru sau prin proiecția unui con al cărui vîrf reprezintă vîrful tulpinii. În primul caz se redă schema unui fragment de axă, cu nodurile și ortostihurile, după care se trasează spirala generatoare. În al doilea caz se marchează aceleași detalii ca și pe cilindru. În al treilea caz se reprezintă conul vegetativ al axei printr-un punct sau cerc central, nodurile prin cercuri concentrice, secțiunile transversale ale frunzelor înscrise pe cercuri, ortostihurile orientate pe direcția razelor (cuprinzînd astfel între ele unghiurile de divergență) și spirala generatoare.



CarteAdmin 2013

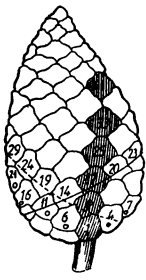



Fig. 188. *Pinus maritima* — bracteile conului sînt dispuse în divergența 3/8; Cracteile haşurate indică unul din cele 8 ortostihuri orientate spre stînga; *1, 4, 7* şi *11, 14, 17, 20, 23* sînt parastihuri orientate spre dreapta (d.I. Grinţescu).

Stabilirea divergenţei de care ne-am ocupat mai sus este posibilă numai în cazul cînd frunzele sînt vizibil distanţate între ele. Atunci cînd nodurile tulpinii sînt foarte apropiate şi prin urmare, frunzele înghesuite, unghiul de divergenţă nu poate fi determinat decît pe cale indirectă, prin intermediul *parastihurilor* (gr. *para-*; *stihos-*). Acestea sînt serii oblice care merg drept în două direcţii, în aşa fel că se întretaie şi rezultă din venirea laterală în contact a frunzelor. Ele se văd clar îndeosebi la conurile coniferelor.

Unele parastihuri merg de la stînga spre dreapta, altele de la dreapta spre stînga.

Numărul parastihurilor ne indică numărul frunzelor din care este alcătuit ciclul. Cu cît acest număr este mai mare, cu atît şi numărul parastihurilor este mai mare. Pentru a determina unghiul de divergenţă a două frunze consecutive de pe o spirală generatoare, vom număra parastihurile ce merg de la dreapta spre stînga. Adunînd aceste două numere obţinem numitorul fracţiei. Cît priveşte numărătorul el ne este indicat de numărul corespunzător din şirul lui *Schimper*. În cazul conurilor de pin (*Pinus maritima*) (fig. 188) bracteile sînt aşezate pe trei parastihuri care merg de la stînga spre dreapta şi pe cinci parastihuri care merg de la dreapta spre stînga. În această situaţie unghiul de divergenţă dintre două bractei consecutive de pe spirala generatoare va fi de 3/8.

b. *Dispoziţia verticilată*. La acelaşi nod se inseră 3 (*Nerium oleander*), 4 (5—6) (*Paris quadrifolia*) sau mai multe (*Asperula odorata, Galium rubioides, Equisetum* sp.) frunze echidistante. Unghiul de divergenţă este egal cu 360°/n (n = numărul de frunze din verticil), adică 360°/3 =120°; 360°/4 =90°; 360°/6 =60°. Divergenţa este, respectiv 1/3, 1/4, 1/6. Numărul ortostihurilor este egal cu al frunzelor din verticil cînd frunzele de la verticilele vecine se suprapun (frunze izostihe) (gr. *isos-*; *stihos-*) sau numărul ortostihurilor este dublu, în cazul alternanţei frunzelor (frunze diplostihe) (gr. *diploos-*; *stihos-*).

Un caz de dispoziţie în verticil îl constituie şi cel de la plantele cu *frunze opuse*. La nod se inseră două frunze aşezate de o parte şi de alta a tulpinii. În acest caz unghiul de divergenţă este 360°/2=180°, iar formula divergenţei 1/2; acestea sînt valorile distanţei dintre liniile mediane ale celor două frunze. Cînd perechile de frunze sînt aşezate altern se numesc *decusate* (*Labiatae, Syringa, Urtica, Aesculus* ş.a.). Ortostihurile, în acest caz, sînt în număr de patru (v. fig. 186). Dispoziţia decusată reprezintă o adaptare a plantelor la factorul lumină, frunzele de la un nod superior neumbrind pe cele de la nodul inferior. De altfel, în toate cazurile



CC-BY-SA-NC 2013

expuse, dispoziţia frunzelor are o deosebită importanţă fiziologică datorită ei fiind evitată umbrirea reciprocă a acestor organe.

Interpretarea filotaxică expusă oarecum clasică se bazează pe teoria spiralei generatoare şi pe noţiunea de divergenţă.

În urmă cu peste trei decenii a fost formulată ipoteza bazată pe noţiunea *elicelor* foliare multiple* și a contiguităţii, potrivit căreia frunzele se formează și sînt dispuse pe tulpină, cel mai adesea, după mai multe serii, care înaintează mereu în spirală ca nişte elice.

Noua ipoteză explică uşor toate tipurile de dispoziţie a frunzelor şi mai cu seamă pe acelea pentru care spiralele generatoare erau dificil de urmărit şi impuneau adesea multe artificii.

Ipoteza elicelor foliare concepe existența în inelul iniţial al apexului caulinar, format din ţesutul numit filogen, a unor „centre generatoare" de frunze. Fiecare din aceste centre constituie capătul anterior al unei elice (spirale) foliare; centrele se deplasează pe măsură ce înaintează această elice, ca rezultat al creşterii tulpinii foliate. Elicele sau seriile spirale se stabilesc pe baza contiguităţii primordiilor foliare şi frunzelor tinere. Contiguitatea se poate realiza în trei moduri:

— prin *juxtapunerea* pieselor foliare, care se ating prin marginile lor de semne opuse fără a se influenţa una pe alta;

— prin *încălecare*, cauzată de alunecarea unei părţi din segmentul unei frunze mai tinere sub acela al uneia mai bătrîne;

— prin *suprapunere*, constînd în alinierea în lungul unei generatrice a segmentelor rezultate din acelaşi centru generator; în felul acesta, toate frunzele din aceeaşi elice au acelaşi plan de simetrie.

Numărul elicelor foliare este constant pentru o specie dată. Dintre monocotiledonate, doar unele genuri au elice (*Tulipa* sp., *Lilium* sp.). Cele mai multe dicotiledonate au două elice, fiecare începînd cu un cotiledon. Unii palmieri și cactaceele au un număr mai mare de elice; aşa de exemplu, coastele longitudinale de la *Cereus* sînt constituite fiecare de cîte o elice foliară.

Variaţia numărului de elice poate rezulta în moduri diferite în timpul creşterii conului vegetativ: prin dedublarea unui centru generator de frunze, prin intercalarea unui centru nou etc.

Dispoziţia verticilată a frunzelor se explică prin existenţa centrelor generatoare care funcţionează sincron (gr. *syn*-; *hronos*-). La *Nerium oleander* există trei elice foliare, fiecare frunză din verticil aparţinînd uneia din ele. La *Syringa vulgaris*, funcţionînd sincron două centre generatoare, rezultă două frunze opuse; un individ în al cărui mugure se produce în mod anormal încă un centru generator va avea frunze verticilate dispuse în trei elice.

Noua teorie neagă realitatea spiralei generatoare unice, ca şi pe aceea a divergenţei, deși — după cît se pare — cele două teorii se completează reciproc.

În şcoala morfologică franceză, ipoteza elicelor foliare multiple (propusă de *Plantefol*) a avut ecou şi îşi găseşte o acceptare din ce în ce mai largă, cu toate criticile cu care au întîmpinat-o o serie de morfologi. Aplicaţiile pe care și le-a găsit noua ipoteză în multe lucrări, ca şi verificarea ei pe cale experimentală, motivează utilizarea ei în investigaţiile filotaxice.

2. **Dispoziţia frunzelor pe lujerii plagiotropi** (gr. *plagios* = oblic; *tropé*-).
Lujerii orientaţi plagiotrop au o simetrie dorsiventrală. Această însuşire poate fi consecinţa gravitaţiei, a poziţiei speciale a lujerilor (creşterea lor pe suprafaţa solului, alipirea de suport etc.) sau a luminii care ajunge în cantitate insuficientă la frunze, datorită modificării orientării lor.

* elicele sînt linii orientate oblic într-un sens determinat.



©Reduteria 2013

Feriguța dulce (*Polypodium vulgare*) și alte ferigi au rizomi dorsivetnrali, care pe fața inferioară produc rădăcini, iar pe cea superioară frunze, dispuse pe unul sau două șiruri.

Pe lujerii dorsiventrali aerieni, frunzele se dispun — de regulă — într-un singur plan, de o parte și de alta a axei. Frunzele ajung în această poziție datorită fie torsiunii alterne a internodurilor, fie torsiunii pețiolului. Modificarea orientării se observă bine mai ales la frunzele cu dispoziție decusată de la *Labiatae*. Torsiunea internodurilor este caracteristică pentru specii de *Lonicera*, *Philadelphus* ș.a., la care perechea de frunze paralele cu direcția luminii este adusă în poziție transversală față de lumină. Așezarea distihă pe calea torsiunii pețiolului se realizează la specii de *Taxus*, *Abies* ș.a., la care frunzele se răsucesc și se îndoaie spre partea superioară, bine iluminată. La *Abies alba*, pe ramurile ortotrope radiare se formează de jur împrejur frunze egale, iar pe cele plagiotrope, frunzele de pe fața superioară sînt mai mici decît cele de pe fața opusă.

Influența luminii asupra dispoziției frunzelor se constată în mod vizibil la *Gentiana asclepiadea* var. *cruciata*; iluminată uniform, frunzele sînt opuse și decusate, iar la varietatea *pectinata*, iluminată lateral, frunzele sînt dispuse distih.

Un exemplu care demonstrează clar relația dintre simetria axei și poziția și forma frunzelor îl reprezintă iederea (*Hedera helix*). Pe tulpinile turtite, agățătoare, frunzele trilobate sînt dispuse distih. Ramurile radiare florifere, în schimb, poartă frunze cu limb oval sau rombic, dispuse altern.

La *Tilia tomentosa*, așezarea distihă a frunzelor, de la vîrf pînă aproape de baza coroanei, este însoțită de poziția pendentă și orientarea mai mult sau mai puțin verticală a planului limbului cordat. Înfelul acesta rezultă un colorit în mozaic al coroanei: verdele feței superioare este împestrițat de culoarea cenușie a celei inferioare. Pe ramurile inferioare, înclinate mai mult sau mai puțin în jos, frunzele (distihe) au limbul în același plan cu ramura, toate cu fața superioară spre lumină.

## 3.3.10. Variații privind forma, mărimea și dispoziția frunzelor pe tulpină

În general, dispoziția frunzelor pe tulpină este o însușire constantă. Se întîmplă însă uneori că pe aceeași tulpină să găsim internoduri inegale: unele lungi, purtînd frunze alterne, altele scurte, purtînd frunze opuse sau verticilate. Exemple de astfel de cazuri întîlnim la *Sedum maximum*, *Epilobium angustifolium* ș.a.

Dintre variațiile mai importante ce privesc forma, mărimea și dispoziția frunzelor ne vom opri la anisofilie, mozaic foliar și heterofilie.

**Anisofilie** (gr. *anisos-*; *phyllon-*). În mod obișnuit, fiecare specie este caracterizată prin forma, mărimea și dispoziția frunzelor sale pe tulpină. De la această regulă fac excepții plantele care au două feluri de ramuri: unele drepte (ortotrope) și altele culcate (plagiotrope). Frunzele de pe ramurile plagiotrope diferă de acelea de pe ramurile ortotrope nu numai prin dispoziția lor, ci și prin dimensiuni și formă. Existența frunzelor de mărimi și forme diferite pe diversele părți ale unei ramuri, la același nivel, a fost numită *anisofilie*. Ea s-ar datora atît factorilor externi (în special lumina), cît și corelației dintre aceștia și cei interni. Prin ea se evită suprapunerea și umbrirea frunzelor. Un exemplu îl constituie, așa cum am văzut deja, bradul cu frunze de două mărimi pe fața dorsală și pe fața ventrală a lujerului. La mătrăgună și struțișor, frunzele laterale sînt cu mult mai mari decît cele de pe fața superioară și de pe fața inferioară a ramurilor.

**Mozaic foliar.** Reprezintă o variantă a anisofiliei; constituie o suprafață asimilatoare formată din frunze de mărimi deosebite intercalate unele între altele și dispuse în același plan, astfel încît nu se umbresc reciproc. După cum se poate bine



©Predania 2013

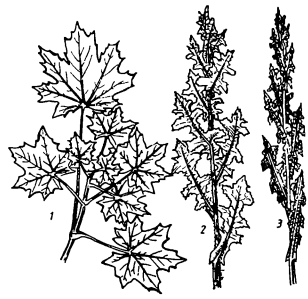



Fig. 189. Mozaic foliar pe ramura plagiotropă de *Acer pseudoplatanus* (*1*); *2* — *Lactuca serriola* în lumină slabă; *3* — aceeași în lumină puternică (d. I. Grințescu).

înțelege, într-un mozaic foliar frunzele au peţioluri de lungime diferită. Mozaic foliar întîlnim la ramurile plagiotrope de la *Acer* sp., *Aesculus* sp., *Tilia* sp., ş.a., la plante cu frunze dispuse în rozetă (*Geum* sp., *Geranium* sp. *Capsella* sp.), la plante cu tulpini agăţătoare (*Hedera helix*).

Frunzele unei ramuri de *Acer platanoides*, dispuse în mod normal decusat, formează mozaicul datorită anisofiliei şi lungimii diferite a peţiolurilor lor. Frunzele ventrale sînt cele mai mari, au peţioluri lungi şi sînt aşezate la periferie; frunzele laterale, ceva mai mici, au peţiolurile mai scurte şi se află între celelalte; frunzele dorsale sînt cele mai mici, au peţiolurile scurte şi se află intercalate între precedentele.

Sînt plante la care, prin răsucirea peţiolului sau a bazei limbului, frunza este adusă cu limbul paralel cu muchia spre soare. În această poziţie influenţa luminii solare şi transpiraţia sînt moderate; în asemenea cazuri vorbim de „*plante busolă*" (*Lactuca serriola*) (fig. 189).

**Heterofilia** (gr. *eteros-*; *phyllon-*) sau polimorfismul foliar. Spre deosebire de anizofilie şi mozaic foliar în heterofilie frunzele de formă diferită se găsesc aşezate la niveluri diferite. Heterofilia este o însuşire proprie atît unor plante terestre, cît şi unor plante acvatice.

**Plantele terestre** au frunze de mărime şi formă diferite la diverse niveluri, pe ramuri deosebite sau în etape ontogenetice diferite. Frunzele pot fi de două forme şi mărimi (dimorfism) sau de mai multe tipuri morfologice (polimorfism). Astfel, la *Ranunculus auricomus* frunzele bazale (incorect radicale) au limbul obişnuit nedivizat, iar frunzele tulpinale (caulinare) superioare cu limbul palmat-divizat (adesea partit sau sectat); *Lepidium perfoliatum* are frunzele bazale şi cele tulpinale inferioare sectate sau fidate, iar frunzele tulpinale superioare sesile şi întregi. La *Morus nigra* polimorfismul este foarte accentuat: pe aceeaşi ramură există atît frunze întregi cît şi frunze mai mult sau mai puţin lobate. Exemplarele tinere de *Eucalyptus* sp. crescute la umbră au frunze lat-ovate, sesile, decusate, iar pe ramurile bine iluminate frunzele sînt peţiolate, pendente, uşor falcate. La *Populus* sp., frunzele de pe drajoni diferă de cele de pe ramurile normale. La *Hedera helix*, dimorfismul frunzelor se observă pe ramurile sterile unde frunzele sînt lobate, pe cînd cele din regiunea floriferă sînt întregi, ovate.

La plantele parţial submerse, frunzele submerse diferă de cele natante şi de cele aeriene (deci dimorfismul sau polimorfismul are în vedere frunze dezvoltate în medii diferite). La *Batrachium aquatile* frunzele submerse sînt repetat trifidate,



©PrezAnime 2013

Fig. 190. Dimorfism foliar *(Batrachium aquatile)*:
*fa* — frunze aeriene; *fd* — frunze dezvoltate în apă (d. I. Grințescu)

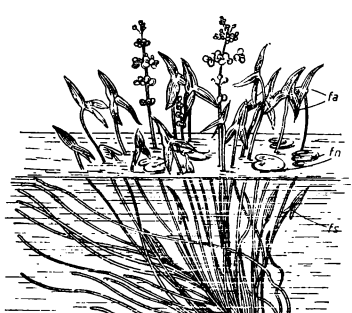



Fig. 191. Polimorfism foliar *(Sagittaria sagittifolia)*: *fa* — frunze aeriene; *fn* — frunze natante; *fs* — frunze submerse (d. I. Grințescu).

iar cele aeriene sînt palmat-lobate. O situație asemănătoare întîlnim și la *Trapa natans*, la care frunzele natante sînt mai puțin divizate. La *Sagittaria sagittifolia* (fig. 190, 191), frunzele submerse sînt liniare, cele natante au limbul eliptic-cordat, iar cele aeriene, foarte lung pețiolate au limbul sagitat.

## 3.3.11. Frunze metamorfozate

Frunza este un organ caracterizat printr-o plasticitate ecologică foarte pronunțată în comparație cu celelalte organe vegetative ca rezultat al acțiunii factorilor de mediu și al sarcinilor fiziologice pe care le îndeplinește.

Frunzele modificate sau metamorfozate (gr. *metamorphosis-*) în raport direct cu funcția specială pe care o îndeplinesc, se pot grupa în următoarele categorii.

1. **Frunze cu rol protector.** Sînt acelea transformate, total sau parțial, în *spini*.

a. Întreaga frunză devine un spin, simplu sau ramificat, cu țesut sclerenchimatic foarte dezvoltat, caz întîlnit la unele dicotiledonate; la *Berberis vulgaris*, se transformă în spini frunzele de pe lăstarii lungi (fig. 192). La cactuși, mulți spini provin din frunzele microblastelor (gr. *mikros-*; *blastos-*), iar alții sînt emergențe ale epidermei.

b. Părți din limb (segmente întregi sau dinți) devin spini, așa cum se observă la *Cirsium arvense*, *Carduus acanthoides*, *Xanthium spinosum*, *Carlina vulgaris* ș.a.

c. Pețiolul (*Pelargonium spinosum*) sau rahisul (*Astragalus tragacantha*) frunzei se transformă în spini. În primul caz limbul cade, iar în al doilea caz cad foliolele de pe rahis.

d. Stipelele se transformă în spini, ca la *Robinia pseudacacia*. Structura spinilor foliari este mai mult sau mai puțin asemănătoare cu cea a ramurilor transformate

Fig. 192. Metamorfoze foliare:
*1* — frunză de *Carduus nutans*; *2* — ramură de *Astragalus tragacantha*; *3* — ramură de *Berberis vulgaris*: *sp* — spini (d. I. Grințescu).

în spini, numai că nu se constată niciodată o simetrie radiară în dispoziția fasciculelor conducătoare, așa cum se întîmplă la spinii formați din ramuri.

Ca și la tulpină, pe frunze (în special pe pețiol sau pe nervura mediană) se pot întîlni țepi mici, care nu trebuie confundați cu spinii, așa cum este cazul la mur, zmeur, măceș ș.a.

În sfîrșit, tot cu rol protector sînt bracteile florilor și solzii mugurilor.

2. **Frunze cu rol de agățare**. Sînt organe mai mult sau mai puțin filiforme, numite *circei*, cu proprietatea de a se înfășura în jurul unui suport susținînd planta respectivă. În această categorie intră:

a. Frunzele complet transformate în circel, ca la *Lathyrus aphaca*, la care rolul asimilator revine stipelelor foarte mari (fig. 193).

b. Frunzele transformate parțial în circei (fie parte din foliole și rahisul, fie numai acesta din urmă), ca la mazăre, măzăriche, dovleac, mutătoare ș.a.

c. Pețiolurile transformate în circei, ca la *Clematis vitalba*.

d. Stipelele transformate în circei, ca la *Smilax aspera*.

3. **Frunze cu roluri nutritive speciale**. Acestea au rol în fotosinteză, absorbție, depozitarea substanțelor nutritive, nutriția mixotrofă etc.

Fig. 193. Tipuri de frunze agățătoare:
*1* — tulpină de *Lathyrus aphaca*; *2* — *Pisum sativum*; *3* — *Gloriosa superba*; *4* — *Clematis vitalba*: *cf* — circei foliari; *pf* — pețiolari cu rol în fixare; *st* — *stipele* (d. I. Grințescu).



©FreeAbris 2013

În această categorie intră:

a. *Filodiile* (gr. *phyllon-*; *eidos-*) sînt frunze cu limbul redus, la care peţiolul cilindric (*Bryophyllum verticillatum*), comprimat (foliarizat) în plan transversal (*Oxalis bupleurifolia*) sau în plan median (*Acacia heterophylla*), îndeplineşte funcţia de fotosinteză.

b. *Rizofilele* (gr. *rhiza-*; *phyllon-*) sînt frunze transformate în organe de absorbţie, ca la *Salvinia natans*.

În acest caz a treia frunză din fiecare verticil este divizată în lacinii filiforme, luînd aspectul unei rădăcini ramificate mult.

c. *Frunze transformate în urne sau nişe*, în care se formează humus şi în care se condensează apa de transpiraţie. La *Dischidia rafflesiana* (dicotiledonată epifită) rădăcinile adventive care iau naştere de pe tulpină sau de la baza peţiolului pătrund în urnele provenite din frunze, de unde absorb apă şi substanţe azotoase ca dintr-un „ghiveci viu". La *Platycerium grande* (ferigă epifită) există fronde asimilatoare şi fronde fertile lungi, divizate, iar la locul de inserţie a rahisului, fronde aflebiforme (stipeliforme) care se usucă curînd şi devin nişe în care se acumulează humus.

d. *Frunze de depozitare a rezervelor nutritive*. În acest caz funcţia de depozitare poate fi îndeplinită de partea bazală a frunzei (ca la bulbi), care se îngroaşă mult datorită dezvoltării puternice a ţesutului de depozitare.

e. *Frunzele plantelor mirmecofile*. În unele cazuri (*Tacoca lancifolia*), la baza limbului se formează două pungi sau proeminenţe găunoase, în care se adăpostesc furnicile. În alte cazuri *Acacia* sp., stipelele devin găunoase şi servesc ca adăpost pentru furnici. Relaţia de simbioză constă în aceea că furnicile folosesc adăpostul şi hrana de la plante, iar acestea din urmă sînt apărate de furnici împotriva diferiţilor dăunători animali.

f. *Frunzele cu funcţie de nutriţie heterotrofă complimentară*. Sînt caracteristice *plantelor carnivore* (insectivore).

Prin adaptările lor morfo-anatomice, plantele carnivore constituie o grupă biologică curioasă şi interesantă, cuprinzînd aproximativ 450 specii, aparţinînd la mai multe familii de dicotiledonate: *Droseraceae* (*Drosera* sp., *Drosophyllum* sp., *Aldrovanda vesiculosa* sp.), *Lentibulariaceal* (*Pinguicula* sp., *Utricularia* sp.), *Saerraceniaceae* (*Sarracenia* sp.), *Cephalotaceae* (*Cephalotus* sp., *Nepenthes* sp. ş.a.).

Plantele carnivore pot face fotosinteză deoarece au frunzele verzi, datorită mediului în care trăiesc se mai hrănesc şi cu substanţe de origine animală, pe care le iau din corpul unor animale mici, în special insecte.

Ele trăiesc în medii acide: tinoave (sfagnete), soluri turboase, ape stătătoare sau curgătoare turboase, sărace în substanţe nutritive, îndeosebi azotoase; puţine specii *Nepenthes* sp., vegetează pe substraturi pietroase, sărace şi ele în substanţe nutritive.

Aceste condiţii de trai au determinat la plantele carnivore însuşirea de a-şi procura substanţele care lipsesc sau sînt deficitare în mediul de viaţă capturînd şi digerînd diferite animale mici, în special insecte.

Adaptarea la nutriţia carnivoră a dus la crearea unor variate conformaţii foliare; frunzele au devenit adevărate capcane de prins animale mici, dobîndind (la unele plante) însuşirea de a efectua mişcări adecvate capturării, precum şi proprietatea de a produce enzime proteolitice şi de a absorbi produsele digestiei.

*Categorii de plante carnivore, cu frunze metamorfozate:*

— care capturează animale cu ajutorul perilor glandulari, lipicioşi şi mobili (*Drosera* sp.), sau reţin cu ajutorul perilor glandulari lipicioşi şi imobili (*Drosophyllum* sp.);

— care capturează cu ajutorul unor capcane provenite din transformarea totală a frunzelor (*Pinguicula* sp., *Dionaea* sp., *Aldrovanda* sp.).



CărtiAzi 2019

— care capturează cu ajutorul unor urne foliare (*Utricularia* sp., *Cephalotus* sp., *Sarracenia* sp., *Nepenthes* sp.).

În cele ce urmează ne vom referi la cîteva exemple, subliniind doar modificarea formei frunzelor.

*Drosophyllum lusitanicum* (plantă montană de versanți uscați) are frunze superioare liniare, cu vîrful încovoiat, cu două feluri de peri glandulari (pedicelați și sesili) pe fața inferioară și pe marginile feței superioare.

*Dionaea muscipula* (plantă ce crește în mlaștini de pădure) are frunzele verzi dispuse în rozetă; limbul are în vîrf o crestătură ce-l împarte în doi lobi ca două valve. Marginile limbului au dinți lungi, iar la mijlocul fiecărui lob se află cîte trei peri rigizi, ascuțiți, senzitivi, care constituie „mecanismul" care închide capcana.

*Aldrovanda vesiculosa* (plantă acvatică submersă, fără rădăcini) are limbul ușor bombat, ca o veziculă înotătoare, compus din două jumătăți mobile una către alta, dispuse sub un unghi de 90°. Pe fiecare jumătate de limb se găsesc patru zone, fiecare cu o anumită activitate în acțiunea de capturare și digerare a animalelor.

*Utricularia vulgaris* (plantă acvatică submersă, fără rădăcini), numită otrățelul bălților, are frunze alterne, sectat-divizate. Unele segmente ale frunzelor sînt lacinii filiforme, altele transformate în vezicule semiglobuloase sau semiovale, comprimate lateral, cu partea ventrală mai mult sau mai puțin plană, iar cea dorsală bombată. Vezicula se fixează de tulpina ramificată cu ajutorul unui pețiol relativ scurt. Deschiderea veziculei se află la partea anterioară și are marginea îndoită înăuntru ca o pilnie. Partea ei de sus, elastică și concrescută lateral cu peretele veziculei, reprezintă un fel de supapă, iar partea de jos, opusă, a deschiderii are aspectul unei umflături în formă de potcoavă. În jurul deschiderii se află numeroși peri: unii setiformi, mici, simpli, alții lungi, ramificați.

*Sarracenia* este un gen care cuprinde specii ierboase de mlaștini turboase, cu tulpină foarte scurtă și sistem radicular redus. Fiecare frunză, modificată pentru capturarea și descompunerea animalelor mici, are pețiolul de forma unui cornet numit *ascidie*. Aceasta este mai îngustată la partea superioară, unde se află și deschiderea. Limbul devine o prelungire lamelară imobilă, ce se află la marginea superioară a ascidiei; ea conține glande secretoare de nectar (cu rol în ademenirea animalelor care vizitează ascidia) și peri unicelulari ascuțiți, ce cauzează alunecarea animalelor vizitatoare; ieșirea acestora din ascidie este împiedicată de peri sau papile îndreptate cu vîrful în jos.

*Cephalotus follicularis* (plantă de nisipuri umede și de mlaștini) are frunze diforme dispuse într-o rozetă bazală: unele (superioare) lung pețiolate, cu limb eliptic, întreg, asimilatoare, altele (inferioare) scurt pețiolate. Acestea din urmă sînt transformate în urne gulerate, ce au pe margine un căpăcel fixat în poziție înclinată față de gura urnei.

Pe fața inferioară a căpăcelului și în interiorul urnei se află glande pluricelulare solziforme, cu rol în hidrolizarea substanțelor proteice.

Pentru a încheia capitolul referitor la morfologia frunzei, vom aminti și de plantele numite *afile* (gr. *a-*; *phyllon-*); frunzele sînt atît de reduse încît cu greu mai putem recunoaște natura lor foliară. Tulpina acestor plante se prezintă ca și cum ar fi complet lipsită de frunze; uneori frunzele se formează, dar cad de timpuriu. Mai toate plantele afile sînt prevăzute cu spini de origină epidermică. Majoritatea cactaceelor și euforbiaceelor din regiunile aride sînt considerate ca exemple de plante afile.



©BCUCluj 2013

## 3.3.12. Anatomia frunzei

Privit din punct de vedere filogenetic, primul organ specializat în vederea îndeplinirii procesului de fotosinteză îl întîlnim la briofite. Pseudocormul briofitelor evoluate (mușchi frunzoși) este diferențiat doar în tulpiniță și frunzulițe. Dar, întrucît la briofite frunzulițele aparțin gematofitului și nu sporofitului, între acestea și cele ale cormofitelor nu există decît o simplă analogie.

În procesul de filogeneză se pot dezvolta ambele fețe ale primordiului foliar rezultînd frunze bifaciale sau numai fața inferioară rezultînd frunze monofaciale. Frunza bifacială are o față superioară, ventrală sau adaxială și una inferioară, dorsală sau abaxială. La frunza monofacială ambele fețe ale limbului au valoare de față inferioară.

Structura anatomică a limbului foliar este rezultatul acțiunii unui complex de factori externi și interni în cursul filogeniei și ontogeniei plantelor. Lumina este factorul ce acționează într-o măsură foarte importantă asupra structurii frunzei.

Frunzele al căror limb se orientează vertical, deci mai mult sau mai puțin paralel cu tulpina pe care se formează, se numesc *panfotometrice* (gr. *pan* = complet; *photos* = lumină; *metron* = măsură); prin această poziție planta evită supraîncălzirea frunzelor în timpul maximului termic.

Frunzele al căror limb este dispus mai mult sau mai puțin perpendicular sau oblic pe tulpină se numesc *eufotometrice* (gr. *eu-*; *phos, photos-*; *metron-*), fiind cel mai bine iluminate, dar și cel mai puternic încălzite.

Frunzele indiferente față de lumină se numesc *afotometrice* (gr. *a-*; *phos, photos-*; *metron-*).

Frunzele panfotometrice se mai numesc *ecvifaciale*, izofaciale, izolaterale sau izobilaterale, datorită lipsei aproape complete a unei diferențieri între cele două fețe ale limbului.

Frunzele eufotometrice se mai numesc *heterofaciale* sau dorsiventrale, avînd o structură diferită a mezofilului (gr. *mesos* = de mijloc) pe cele două fețe ale limbului.

La cele mai multe plante frunza prezintă o orientare orizontală, în timp ce tulpina este verticală. Această orientare fiind rezultatul unei curburi spre exterior, determină ca țesuturile cele mai externe ale tulpinii să ocupe fața inferioară a frunzei, în timp ce țesuturile cele mai interne vor ocupa fața superioară; în mod deosebit, în fasciculele libero-lemnoase ale frunzelor lemnul se va afla întotdeauna spre fața superioară a limbului, iar liberul spre cea inferioară.

La o frunză normală, bifacială, limbul prezintă următoarele țesuturi și zone anatomice: *epiderma superioară*, *epiderma inferioară* și *mezofilul* (parenchimul asimilator), adesea diferențiat în țesut palisadic și țesut lacunos; în mezofil se află una sau mai multe nervuri, dintre care cea mediană este mult mai groasă și proeminează vizibil pe fața inferioară a limbului. Fiecare nervură este reprezentată printr-un fascicul libero-lemnos de tip colateral (rareori hadrocentric); nervura mediană are un fascicul mult mai mare, lîngă care se găsesc, uneori și cîteva fascicule mai mici

### 3.3.12.1. Variații ale structurii limbului

1. **Frunzulițele de la briofite** au o structură foarte simplă. Într-o secțiune transversală prin frunzulița de la mușchiul de pămînt (*Polytrichum commune*) observăm: o nervură mediană alcătuită din celule lungi unele cu pereții îngroșați, avînd atît rol de susținere cît și de conducere, altele cu pereții, care îndeplinesc rolul de conducere a substanțelor elaborate, constituind deci un țesut liberian primitiv; în

rest, limbul foliar este subțire, format doar din cîteva straturi de celule; pe părțile laterale se află epiderma (v. fig. 173).

Pe epiderma superioară a limbului se află numeroase lame perpendiculare, pluricelulare, uniseriate, asimilatoare și absorbante de apă*; celulele terminale ale acestor lame sînt bifurcate sau bimamilate. Exceptînd elementele de susținere și cele cu rol de conducere a sevei elaborate, toate celulele frunzuliței conțin cloroplaste. Vasele de lemn lipsesc ca și în tulpiniță.

La alți mușchi frunzoși (*Funaria hygrometrica*), limbul foliar este format dintr-un singur strat de celule asimilatoare (cu valoare de epidermă), exceptînd doar nervura mediană.

O structură mult mai simplă, dar adaptată la condiții de mediu semiacvatic, întîlnim la frunzulițele genului *Sphagnum* (v. fig. 173). Frunzulițele, sesile, fără nervuri, ascuțite și cu marginile răsucite spre vîrf, sînt formate doar dintr-un singur strat de celule de două tipuri unele lungi, înguste, vii, pline cu cloroplaste, numite *clorocite* (gr. *chloros* = verde ca iarba; *kytos-*) și formînd o rețea; altele mai voluminoase, moarte, hialine, cu pereții avînd îngroșări inelate și spiralate, iar din loc în loc pori, numite *hialocite* (gr. *ialos* = cristal; *kytos-*) sau *hidrocite* (gr. *hydro* = cu, de, în, pe apă; *kytos-*) și dispuse în ochiurile rețelei formate de clorocite. Rolul hialocitelor este de a absorbi și acumula apa cu sărurile minerale prin capilaritate, știut fiind că mușchii de turbă sînt lipsiți de rizoizi (gr. *riza-*; *eidos-*).

**2. Frunza la pteridofite.** Comparativ cu frunzulița de la mușchi, frunza (fronda) ferigilor prezintă o structură mult mai complexă și diversificată.

La cele mai multe ferigi celulele epidermice conțin cloroplaste, iar prezența stomatelor spre deosebire de briofite, devine o însușire constantă.

a. Frunza de la ferigile microfiline (*Selaginella* sp., v. fig. 174) are o structură dorsiventrală, prezentînd o epidermă superioară (cu celule mari, conținînd cloroplaste), o epidermă inferioară (cu celule mai mici, de asemenea asimilatoare și din loc în loc cu stomate), iar între ele un mezofil relativ omogen, mai compact și mai bogat în cloroplaste adaxial, mai lax și mai sărac în cloroplaste, abaxial. În mezofil se află o singură nervură, situată în planul median, fasciculul ei conducător fiind de tip hadrocentric.

b. Frunza de la ferigile macrofiline (*Filicatae*) are o structură mai evoluată, fiind uneori tipic dorsi-ventrală. Cele două epiderme diferă între ele doar prin faptul că în cea inferioară se află și stomate (fig. 194).

Stomatele, aparținînd tot tipului *Mnium*, au celule mai mult sau mai puțin reniforme, cu pereții diferit îngroșați, ca și la mușchi.

Mezofilul, pluristratificat, este rareori diferențiat în țesut palisadic și țesut lacunos, avînd adesea celule asimilatoare septate. Țesutul de susținere este bine reprezentat, iar țesutul conducător formează fascicule hadrocentrice (doar cele din nervurile de ultim ordin sînt de tip colateral); în nervura mediană se pot găsi două sau cîteva fascicule foarte apropiate între ele, înconjurate de o teacă mecanică, care uneori vine în contact direct cu cele două epiderme.

**3. Frunza la spermatofite.** La gimnosperme, cele mai multe conifere, prin forma aciculară a frunzelor, suprafața de transpirație se reduce foarte mult, ceea ce constituie o adaptare a plantelor în anotimpul rece, cînd absorbția apei este aproape imposibilă. Pereții îngroșați, cutinizați și cerificați ai celulelor epidermice, pereții îngroșați și adesea lignificați ai celulelor hipodermice, stomatele afundate în hipodermă și chiar în mezofil, adesea cu camera suprastomatică acoperită cu răşină concură, de asemenea, la moderarea sau chiar oprirea temporară a transpirației. Structura

* În realitate, lamele asimilatoare nu îndeplinesc un rol absorbant propriu-zis ci, fiind alipite unele de altele, reţin apa prin capilaritate.

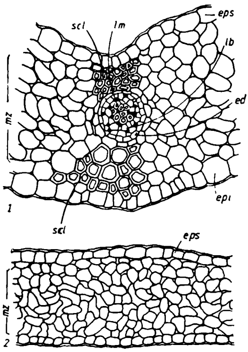



Fig. 194. Structura frunzei de *Dryopteris filix-mas:* 1 — în dreptul nervurii mediane; 2 — între nervurile laterale: *ed* — endodermă; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *lb* — liber: *lm* — lemn; *mz* — mezofil omogen; *scl* — sclerenchim (d.C. Toma).

mezofilului, uneori format din celule septate, este o însușire utilă pentru fotosinteză: suprafaţa pereţilor, pe lîngă care se dispun cloroplastele, este astfel mult mărită.

Frunzele de cîrcel (*Ephedra distachya*), solziforme şi caduce de timpuriu, au o structură relativ simplă, în mezofilul lor parenchimatic omogen fiind vizibile două fascicule conducătoare foarte mici; canalele rezinifere lipsesc.

La brad (*Abies alba*) frunza are o structură tipic bifacială dorsiventrală, cu ţesut palisadic (2—3 straturi de celule) la faţa superioară şi ţesut lacunos la cea inferioară; această structură reflectă orientarea frunzelor de la brad în plan orizontal şi comprimarea lor. Celulele epidermice au pereţii externi puternic îngroşaţi, cutinizaţi şi cerificaţi. Hipoderma sclerenchimatică este discontinuă pe ambele feţe, exceptînd marginile, unde este continuă. Cele două canale rezinifere sînt localizate imediat sub hipoderma abaxială. Cele două fascicule conducătoare sînt mici şi relativ depărtate între ele, împlîntate într-un parenchim de transfuzie, totul fiind înconjurat de o endodermă de tip primar (celulele avînd vizibile îngroşările lui *Caspary*).

Frunzele de zadă (*Larix decidua*), au hipodermă numai în dreptul cilindrului central şi la margini (unde se află şi cele două canale rezinifere). Frunza are o structură bifacială- dorsiventrală, celulele ţesutului lacunos fiind adesea septate. Cele două fascicule conducătoare sînt mici, apropiate între ele şi înconjurate de o endodermă de tip casparian.

La tisă (*Taxus baccata*) hipoderma este continuă, iar mezofilul slab diferenţiat în ţesut palisadic şi ţesut lacunos; canalele rezinifere lipsesc; celulele epidermice au pereţii externi foarte îngroşaţi, iar stomatele prezintă o structură tipic xeromorfă (gr. *xeros* = uscat; *morphé* = formă). Endoderma, de tip primar, înconjură două fascicule conducătoare mici, foarte apropiate între ele.

Molidul (*Picea abies*) are frunzele cu patru muchii şi de contur aproape romboidal în secţiune transversală. Mezofilul este omogen şi compact, cu celule alungite perpendicular faţă de epidermă, încît structura frunzei este ecvifacială. Hipoderma este continuă, stomatele se află sub nivelul epidermei (formată din celule cu pereţii externi foarte îngroşaţi), iar canalul rezinifer sau cele două canale rezinifere se află dispuse paralel cu fasciculele conducătoare, imediat sub epidermă.

Frunzele de pin (*Pinus sylvestris*), grupate cîte două în vîrful unor microblaste, au formă semicirculară în secțiune transversală, cu fața superioară plană, iar cea inferioară convexă. Celulele epidermice au pereții foarte îngroșați (lumenul avînd forma literelor X sau I!), cei externi fiind totodată cutinizați și cerificați. Stomatele se află sub nivelul epidermei, formîndu-se astfel camere suprastomatice înalte, adesea pline cu rășină. Hipoderma este continuă (excepțînd locurile ocupate de stomate). Endoderma este de tip primar, iar cele două fascicule conducătoare sînt vizibil depărtate între ele, legate la polii liberieni de un cordon sclerenchimatic. Mezofilul este omogen format din celule puternic septate, așa încît frunza are o structură ecvifacială, cele două fețe fiind aproape egal iluminate. Canalele rezinifere (număr de 5—12) sînt înconjurate fiecare de cel puțin un strat de celule mecanice.

La ienupăr (*Juniperus communis*) frunzele de formă aproximativ trapezoidală sau semieliptică în secțiune transversală, au hipoderma aproape continuă. Prezintă un singur canal rezinifer și un singur fascicul conducător. Mezofilul este ușor diferențiat în țesut palisadic (îndeosebi sub epiderma inferioară) și țesut lacunos, deci structura frunzei este de tip bifacial, cu dorsiventralitate inversă (datorită orientării frunzelor cu fața adaxială spre ramură).

Stomatele de la gimnosperme pot fi izolate (*Pinus* sp.) sau dispuse în benzi paralele (*Abies* sp., *Larix* sp., *Picea* sp.). După localizarea stomatelor, frunzele pot fi hipostomatice (gr. *hypo-*; *stoma-*), ca la *Pseudotsuga*, sau amfistomatice (gr. *amphi-*; *stoma-*), ca la *Pinus*; la unele genuri (*Abies*, *Larix*, *Picea*) se întîlnesc ambele feluri de dispoziție a stomatelor (fig. 195).

La angiosperme, diferitele țesuturi ce alcătuiesc structura limbului provin din activitatea inițialelor marginale și submarginale ale primordiului foliar. *Epiderma*, simplă unistratificată, derivă din stratul extern al primordiului foliar (rezultat din activitatea inițialelor marginale), care funcționează ca un meristem plan, celulele lui divizîndu-se anticlinal și răspunzînd astfel nevoii de a urma extinderea mezofilului. Din loc în loc, pe seama centrelor meristemoide, la multe plante se vor forma stomatele, perii (tectori și secretori), diferite glande etc.

Mezofilul își are originea în inițialele submarginale și diferențierea lui începe, adesea, în direcție longitudinală de la baza spre vîrful limbului, deci acropetal, iar

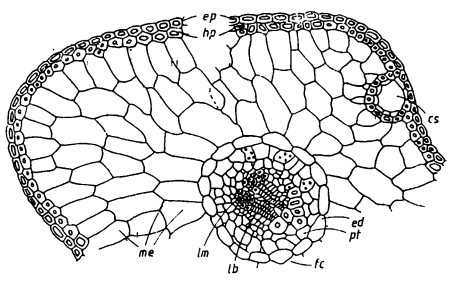



Fig. 195. Structura frunzei la *Picea abies*:
*cs* — canal secretor; *ed* — endodermă; *ep* — epidermă; *fc* — fascicul conducător; *hp* — hipodermă; *lb* — liber; *lm* — lemn; *me* — mezofil omogen; *pt* — parenchim de transfuzie (d. C. Toma).



BCU Cluj / Central University Library Cluj

în direcție transversală de la margine spre nervura mediană sau, mai rar, invers. Ca un prim indiciu al procesului de diferențiere celulară poate fi considerat formarea spațiilor intercelulare, care precede de regulă formarea stomatelor și care începe de pe fața dorsală, continuîndu-se pe cea ventrală. Celulele încep să se vacuolizeze și să se rotunjească la colțuri; tot acum se formează cloroplastele.

Într-o secțiune transversală prin frunza foarte tînără de la unele plante se constată că la început numărul de inițiale submarginale (numite încă și inițiale marginale subepidermale) este mai mare. La frunza foarte tînără de la multe plante, pe secțiuni transversale se poate identifica numai o singură celulă inițială submarginală. După modul cum această celulă inițială generează segmente, s-au deosebit trei tipuri mai importante:

— tipul cu inițială care se divide paralel cu două fețe (*Solanum tuberosum*, *Armeria* sp. ș.a.);

— tipul cu inițială care se divide paralel numai cu o față (*Honkenya* sp.)

— tipul cu inițială care se divide anticlinal (gr. *anti-*; *kline* = pat) și periclinal (gr. *peri-*; *kline-*), ca la *Ficus elastica*, *Oenothera* sp. ș.a.)

Aceste tipuri se pot întîlni uneori toate la aceeași plantă, la frunze de categorii diferite (*Ficus elastica*).

La oarecare depărtare de margine, în masa de celule parenchimatice are loc formarea unor cordoane de celule procambiale (gr. *pro-*; lat. *cambium*) în care își au originea nervurile de diverse ordine. Procambiul este mai vizibil în cazul nervurilor principale și se diferențiază în funcție de specia luată în considerație: fie atunci cînd apar primele diviziuni periclinale (*Liriodendron tulipifera*), fie ceva mai tîrziu (*Opuntia cilindrica*), sau primordiul foliar a atins o anumită înălțime (70 μm la *Morus alba*, 75—100 μm la *Artemisia tridentata* etc.).

Părțile mai îngroșate ale limbului foliar, care însoțesc îndeosebi nervura mediană, se datoresc activității unui cambiu (lat. *cambium*-) ce se formează între liberul și lemnul primar al fasciculelor conducătoare, producînd țesuturi definitive secundare; în acest caz vorbim de o creștere secundară a limbului foliar.

Frunzele subțiri (*Elodea canadensis*) și unele frunze solziforme (*Rhododendron pontieum*) se formează numai prin activitatea dermatogenului (gr. *derma-*; *gennao-*), rezultat din diviziunile inițialei marginale.

Țesuturile pețiolului rezultă din activitatea unui meristem intercalar, situat de cele mai multe ori la baza limbului, mai rar la baza pețiolului sau în ambele poziții (fig. 196).

Rezultă că în stare tînără limbul este format dintr-un anumit număr de straturi celulare meristematice, care mai tîrziu se diferențiază în cele două epiderme, mezofil și fascicule conducătoare. Aceste diverse straturi iau naștere dintr-un meristem marginal în care se pot deosebi *inițialele marginale*, care dau naștere dermatogenului superior și inferior, și *inițialele submarginale*, mai interne, a căror comportare ulterioară variază după specie.

*Frunzele bifaciale* pot fi heterofaciale sau dorsiventrale și izofaciale sau ecvifaciale.

Frunzele cu *structură dorsiventrală* prezintă cele două epiderme diferit alcătuite și mezofilul diferențiat în parenchim palisadic pe fața superioară (ventrală, adaxială) și parenchim lacunos pe fața inferioară (dorsală, abaxială). Acest tip de structură caracterizează marea majoritate a angiospermelor lemnoase și ierboase (fig. 197).

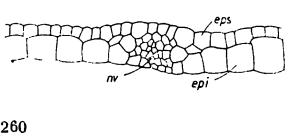



Fig. 196. Structura frunzei de la *Elodea canadensis*:
*epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *nv* — nervură (d. W. Troll).

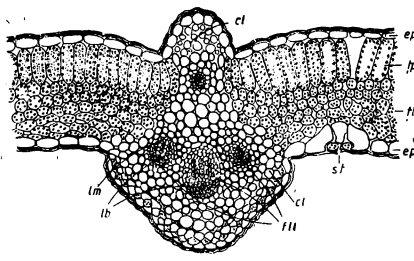



Fig. 197. Secțiune transversală printr-o frunză de *Padus laurocerasus*:
*cl* — colenchim; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *flt* — fascicule libero-lemnoase; *lb* — liber; *lm* — lemn; *st* — stomate; *fl* — țesut lacunos; *fp* — țesut palisadic (d. I. Grințescu).

Frunzele cu *structură ecvifacială* au cele două epiderme mai mult sau mai puțin asemănătoare și mezofilul aproape identic alcătuit sub acestea. În cele mai multe cazuri, sub ambele epiderme se dezvoltă țesut palisadic, iar la mijloc parenchim lacunos, mai adesea compact, cu celule izodiametrice (*Aster tripolium*, *Medicago falcata*, *Astragalus variegatus*, specii de *Dianthus*, *Artemisia*, *Salix*, *Eucalyptus*, *Cassia* ș.a.); se spune atunci că structura este centric-heterogenă.

În alte cazuri mezofilul prezintă o structură sensibil omogenă și este constituit în întregime din celule izodiametrice (*Jasione montana*, *Chlorophytum sternbergianum* ș.a.); se spune atunci că structura este centric-omogenă. O structură asemănătoare au și frunzele plantelor submerse (*Vallisneria spiralis*), precum și cele de la multe plante umbrofile (*Oxalis acetosella*) (fig. 198).

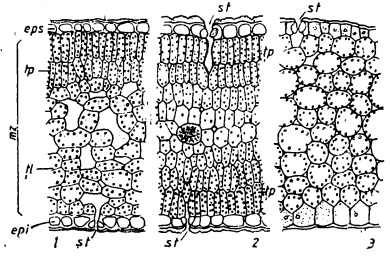



Fig. 198. Tipuri structurale de frunză:
*1 — Padus laurocerasus*, structură bifacială; *2 — Dianthus carthusianorum*, structură ecvifacială; *3 — Chlorophytum sternbergianum*, structură omogenă; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *mz* — mezofil; *st* — stomate; *fl* — țesut lacunos; *fp* — țesut palisadic (d. I. Grințescu).

În sfîrșit, sînt și plante la care mezofilul are o structură cu caracter tranzitoriu de la tipul ecvifacial la cel dorsiventral, țesutul palisadic fiind mai dezvoltat sub epiderma superioară (*Lathyrus maritimus*, *Silene maritima* și alte plante litorale).

Se cunosc însă și cazuri de plante ce au frunzele orientate oblic sau orizontal, deci mai mult sau mai puțin perpendicular pe tulpină și care au tot o structură ecvifacială (*Convolvulus persicus*, *Alyssum borzaeanum* ș.a.).

*Frunzele monofaciale* (*Iris germanica*, *Gladiolus imbricatus* ș.a.). Făcînd secțiuni succesive în lungul unei frunze ensiforme (*Iris germanica*), începînd de la partea bazală, se observă trecerea de la structura bifacială la cea monofacială; în porțiunea sa bazală frunza are o structură bifacială, adaxială, mai puțin dezvoltată, iar cea abaxială, mult mai dezvoltată, este convexă; la nivelurile următoare se observă micșorarea treptată a feței adaxiale, în favoarea celei abaxiale; în cele din urmă fața adaxială se reduce complet, iar marginile feței abaxiale se unesc.

Pe secțiuni transversale se observă că fasciculele conducătoare sînt dispuse, în alternanță, pe două șiruri paralele, toate avînd lemnul orientat spre centrul mezofilului; acesta din urmă este omogen în toată grosimea limbului, cu celule izodiametrice, rotunjite, lăsînd spații aerifere între ele; celulele din partea centrală a limbului sînt ceva mai ușor aplatizate radiar și adesea lipsite de cloroplaste.

La *Allium montanum*, *A. odorum*, *A. porum* ș.a., frunzele comprimate în plan transversal au aspectul unor curele, fiind asemănătoare cu cele bifaciale, dar alcătuirea histologică este cea a frunzei monofaciale.

Frunzele monofaciale ale multor orchidee epifite (gr. *epi-*; *phyton*) sînt cilindrice, însă pe fața lor superioară se mai păstrează un jgheab îngust, rest din fața adaxială.

Unele monocotiledonate prezintă frunze cilindrice cu structură tipic monofacială în tot lungul lor (*Sansevieria* sp., *Allium* sp., unele specii de *Juncus*, *Mesembryanthemum* ș.a.); altele au fie numai extremitatea frunzelor cilindrică (*Ornithogalum caudatum*), fie numai vîrful acestora concrescut în formă de capișon (*Hyacinthus orientalis*).

Dacă mezofilul este de tip parenchimatic omogen la speciile de *Iris* sau de *Gladiolus*, el ne apare diferențiat în țesut palisadic sub epiderma externă și lacunos sub cea internă la speciile cu frunze fistuloase.

*Epiderma* este în general unistratificată; la dicotiledonate, celulele epidermice sînt aproximativ izodiametrice, în timp ce la monocotiledonate (cele cu frunze liniare) sînt mai lungi decît late. Rareori epiderma este pluristratificată ca la *Ficus elastica*, *Nerium oleander*, multe *Piperaceae* și *Bromeliaceae*, *Begoniaceae*, *Pittosporaceae* ș.a.

Cuticula poate fi subțire (la plantele mezofile) sau foarte groasă (*Aloe*, *Agave*, *Nerium* ș.a.); în general, grosimea cuticulei este mai mare la frunzele plantelor de deșert, arctice, alpine, epifile și halofile. Cuticula lipsește la frunzele plantelor acvatice submerse. Impregnarea cu silice este caracteristică pentru plantele din familia *Poaceae*.

În ultima vreme s-a propus să se desemneze sub numele de *fitoglife* (gr. *phyton-*; *glyr* = a grava) toate răsăturile microanatomice colective ale epidermei, cu valoare diagnostică în taxonomie.

Celulele epidermice care sînt parțial sau total mucilaginoase au fost numite gelatinizate, ele sînt mari și servesc pentru reținerea apei; de obicei, gelatinizarea afectează numai pereții interni ai celulelor.

Mezofilul în care se include și parenchimul asimilator sau clorenchimul, se află între cele două epiderme și este alcătuit din celule ce conțin adesea cloroplaste.

Mezofilul poate fi omogen sau diferențiat în țesut palisadic și lacunos (spongios).



Digitized by 2013

*Țesutul palisadic*, situat de obicei sub epiderma superioară, este format din celule alungite perpendicular pe epidermă, lăsînd între ele spații aerifere înguste. Aceste celule conțin numeroase cloroplaste, adesea dispuse în șiruri paralele orientate pe direcția luminii incidente, dispoziție care le protejează împotriva acțiunii destructive a luminii prea puternice.

*Țesutul lacunos* are rol în transpirație, respirație și în mai mică măsură în fotosinteză; la *Periploca graeca* intervine în evacuarea produselor din celulele palisadice spre fasciculele vasculare.

Țesutul lacunos se poate afla pe fața inferioară a limbului, în cazul frunzelor cu structură dorsiventrală, la mijlocul limbului, în cazul unor frunze ecvifaciale, sau în toată grosimea lui la frunzele plantelor acvatice sau la frunzele celor terestre puternic umbrite. La frunzele fistuloase, țesutul lacunos se află spre interior, spre axa limbului.

Dacă frunzele suferă o torsiune, devenind involute, atunci țesutul palisadic se află sub epiderma inferioară, iar cel lacunos sub epiderma superioară; în acest caz spunem că frunzele au o dorsiventralitate inversă (*Thymelaea* sp., *Tafalla* sp., *Frankenia* sp.).

După cum mezofilul este mai mult sau mai puțin dezvoltat, frunzele pot fi: *cărnoase* (*Sempervivum* sp.); *suculente*, ca la *Agave* sp., *Aloe* sp., *Crassulaceae*; *pieloase* sau coriacee, (*Laurus nobilis*. *Mahonia aquifolium*, *Hedera helix*, unele specii de *Berberis*); *membranoase*, ca la *Hymenophyllum*; *rigide* (*Carex* sp.); *moi* (*Impatiens* sp.) ș.a.

*Țesutul conducător*. Este reprezentat prin nervuri, care corespund unuia sau mai multor (în cazul nervurii principale) fascicule libero-lemnoase. Conturul exterior al nervurilor principale este foarte variat din care motiv prezintă un anumit interes taxonomic. De regulă, nervura principală sau mediană proemineză puternic pe fața inferioară a limbului; pe fața lui superioară se poate observa o depresiune (*Digitalis* sp.) sau o proeminență ca și pe fața inferioară (*Atropa* sp.). Uneori nervura principală abia depășește nivelul epidermei (*Eucalyptus* sp.).

Organizarea *nervurii mediane* amintește mult de cea a pețiolului pe care de fapt îl continuă. Epidermele nu prezintă nici o particularitate deosebită de structură, doar că, celulele sînt mai lungi și mai înguste, avînd pereții externi mult mai îngroșați, iar stomatele lipsesc sau sînt foarte rare în dreptul nervurilor.

Parenchimul nu este, în mod obișnuit, diferențiat în țesut palisadic și țesut lacunos. Rare sînt cazurile cînd țesutul palisadic al limbului nu este întrerupt la nivelul nervurii mediane (*Cassia acutifolia*). Sub cele două epiderme, parenchimul este aproape întotdeauna puternic colenchimatizat; în unele cazuri el este sclerenchimatizat (*Poaceae*) sau de tip lacunos (*Hyoscyamus niger*).

De obicei nervura nu are decît un singur fascicul conducător libero-lemnos, de tip colateral (uneori, deschis, în nervura mediană), care formează în secțiune transversală un arc cu liberul la fața inferioară și lemnul la fața superioară. Uneori, deasupra acestui arc principal se află două fascicule mai mici, cu orientare inversă (*Eucalyptus* sp.) sau un fascicul mare ce se racordează aproape complet cu primul, simulînd un inel libero-lemnos continuu (*Citrus* sp., *Juglans* sp.). În alte cazuri, pe lîngă fasciculul mare, principal, nervura mediană prezintă mai multe fascicule de mărime și dispoziție variate (*Hammamelis* sp., *Sterculia* sp. ș.a.). Aparatul conducător al nervurii poate fi însoțit uneori și de o endodermă diferențiată (cu îngroșările lui *Caspary* vizibile), ca la *Veronica beccabunga*.

La nervurile secundare, terțiare etc., liberul și lemnul se reduc din ce în ce mai mult. Structura liberului se simplifică, ajungînd să fie reprezentat doar prin niște elemente prozenchimatice relativ scurte sau poate dispărea complet. Lemnul din ultimile ramificații ale sistemului de nervuri se reduce doar la cîteva traheide



CarteaAnului 2013

spiralate. Uneori nervurile subțiri sînt reprezentate doar prin liber, iar altele (care se îndreaptă spre marginea limbului) se termină în hidatode.

Nervurile secundare, terțiare etc. se organizează în modul următor: la frunza tînără nervura principală prezintă, în punctele unde în fața lobulilor vor lua naștere nervurile secundare, trahei scurte ce vor constitui sisteme nodale. În procesul de histogeneză, pe direcția fiecărcia din aceste trahei scurte se diferențiază cîte o trahee nouă, care va constitui începutul nervurii secundare; în plus, astfel de trahei mai apar și în lungul nervurii principale, în sens bazipetal. Așadar, aparatul vascular lemnos se dezvoltă din aceste sisteme nodale și nu rezultă printr-un proces de ramificare propriu-zisă.

La plantele a căror tulpină prezintă formațiuni secundare, acestea se întind obișnuit și în frunze, dar aici ele sînt foarte puțin dezvoltate. Chiar în pețiol nu se află, de regulă, decît un cambiu intrafascicular. În nervurile limbului țesutul cambial nu schițează decît un început de funcționare, durata frunzei fiind destul de scurtă. În mod frecvent, în lemnul primar al limbului se observă o alternanță regulată a vaselor, dispuse în șiruri mai mult sau mai puțin paralele, și a celulelor de parenchim; această dispoziție în șiruri a vaselor nu trebuie totuși să fie luată drept indiciu al unei structuri secundare, deoarece ea nu corespunde funcționării cambiale și nu se regăsește la nivelul liberului.

La monocotiledonate, nervurile mari, paralele între ele, nu trimit în mezofil decît ramificații foarte fine, care se anastomozează puțin între ele.

Dimpotrivă, la dicotiledonate, unde structura aparatului vascular este net reticulată, nervurile principale dau nervuri din ce în ce mai mici, ultimele reducîndu-se la cîteva vase lemnoase (inelate sau spiralate) și liberiene; aceste ultime ramificații se termină liber în parenchimul asimilator sau se anastomozează într-o rețea din care pot pleca ramuri cu terminații libere.

*Țesutul mecanic.* Frunza este expusă la diferite eforturi; îndoire sub greutatea proprie, loviturile picăturilor de ploaie și ale vîntului etc.; datorită țesutului mecanic ele rezistă acestor eforturi. Țesutul mecanic din limb este reprezentat în primul rînd prin rețeaua de nervuri care este adesea însoțită de cordoane colenchimatice sau sclerenchimatice.

La marea majoritate a dicotiledonatelor cordoanele mecanice sînt mai ales de natură colenchimatică și se dezvoltă îndeosebi la fața inferioară a limbului. La unele dicotiledonate și la monocotiledonatele cu frunze lungi și late, cordoanele mecanice sînt de natură sclerenchimatică (*Poaceae, Cyperaceae, Palmae* ș.a.).

La unele plante și epiderma, cu celule avînd pereții îngroșați, lignificați și mineralizați (ca la graminee), ori chiar hipoderma, adesea colechimatizată (unele specii de *Berberis*) au rol mecanic.

Rezistența limbului la zbîrcire se datorește și celulelor mecanice distribuite izolat în mezofil numite *idioblaste* (gr. *idios*; *blastos*-), ca la *Camelia japonica, Thea sinensis, Padus laurocerasus* ș.a. Marginea limbului foliar nu este sfîșiată de loviturile vîntului datorită fie cordoanelor de colenchim hipodermic, fie dispoziției nervurilor paralel cu marginea.

În mezofil se pot găsi și alte formațiuni decît cele amintite mai sus: celule secretoare (*Laurus nobilis*), buzunare secretoare (*Citrus, Hypericum, Dictamnus* ș.a.), canale secretoare (multe *Umbelliferae*), vase laticifere (*Euphorbiaceae, Compositae* ș.a.), celule cristalifere (multe *Rosaceae, Fabaceae, Iridaceae, Commelinaceae* ș.a.), sclereide de diferite tipuri (*Camelia. Thea* ș.a.), celule de transfer din glandele digestive (*Drosera, Dionaea*) sau nectariile extraflorale (*Vicia*), din structurile haustoriale (*Cuscuta*), din glandele unor plante parazite și semiparazite (*Lathraea, Rhinanthus* ș.a.) etc.



CDeCluburile 2013

**Variații ale structurii limbului foliar**. La *frunzele de umbră* în comparație cu cele de lumină, de la aceeași plantă (*Fagus sylvatica*), limbul este mai subțire și mai moale. Epiderma prezintă celule cu pereții externi mai subțiri iar cei laterali mai sinuoși. Stomatele sînt în număr mai mic pe unitatea de suprafață. Uneori celulele epidermice conțin cloroplaste. Parenchimul palisadic este uni- sau pluristratificat, cu celule mult mai scurte și cu spații aerifere mai mari între ele. Cloroplastele din celulele mezofilului sînt în număr mai redus; parenchimul lacunos este mult mai dezvoltat, cu celule adesea alungite tangențial, lăsînd între ele lacune aerifere mult mai mari. Nervurile sînt mai puțin proeminente pe fața inferioară a limbului și conțin mai puține vase. Țesutul mecanic este vizibil redus.

*Frunzele submerse* sînt mult simplificate; la unele din ele (*Elodea canadensis*) structura este reprezentată prin două straturi de celule (exceptînd nervura mediană) (v. fig. 196).

Frunzele submerse nu au stomate, celulele epidermice sînt mici, conțin cloroplaste, au toți pereții foarte subțiri, celulozici. Mezofilul este omogen și reprezentat numai prin parenchim lacunos (*Vallisneria spiralis, Myriophyllum spicatum* ș.a.) necesar respirației și menținerii plantelor în poziție favorabilă; țesutul conducător (îndeosebi cel lemnos) este puțin dezvoltat, iar țesutul mecanic lipsește.

### 3.3.12.2. Structura pețiolului

Pețiolul servește la susținerea și orientarea limbului, precum și la conducerea sevei brute și a celei elaborate. Ca structură se aseamănă mult cu tulpina, de care diferă îndeosebi prin monosimetria lui.

Pețiolul este rareori complet cilindric, cu o structură mai mult sau mai puțin radiară, monofacială (*Nymphaea alba*); poate avea o structură mai mult sau mai puțin bifacială, suferind o comprimare secundară (*Tropaeolum* sp., *Monstera* sp., *Caltha palustris*). În cele mai multe cazuri, însă, fața adaxială este plană sau prevăzută cu un șanț ori o depresiune mică, pețiolul avînd în secțiune transversală un contur semicircular, semieliptic, semilunar, cordat, în formă de U sau V etc. și o structură monosimetrică.

În structura pețiolului se disting următoarele țesuturi: *epiderma*, *țesutul mecanic* (mai adesea colenchim și situat în poziție hipodermică), *țesutul parenchimatic fundamental* și *țesutul conducător* (reprezentat prin unul sau mai multe fascicule de tip colateral).

Structura anatomică variază adesea în lungul pețiolului. Din acest motiv mulți autori consideră că în scopul comparării structurii lui la diferiți taxoni, sînt mai potrivite secțiunile practicate la mijlocul pețiolului, dacă nu este posibilă secționarea la bază, mijloc și vîrf (baza limbului).

*Epiderma* nu diferă ca alcătuire de cea a tulpinii și a limbului decît prin numărul mai mic de stomate și de peri pe unitate de suprafață. În rare cazuri se formează și cîteva straturi de suber (îndeosebi la baza pețiolului), care se racordează cu cel al tulpinii (fig. 199).

*Parenchimul fundamental* este fotosintetizator cel puțin în zona sa externă, fără să prezinte țesut palisadic. La foarte multe plante, straturile de parenchim hipodermic se colenchimatizează (colenchimul fiind tabular sau angular), conferind, alături de fascicule vasculare, soliditate pețiolului în vederea susținerii limbului foliar.

Restul parenchimului este format din celule izodiametrice, cu pereți subțiri, celulozici, cu spații intercelulare și uneori cu cristale de oxalat de calciu, tanin, latex etc.



©RedAbaris 2013

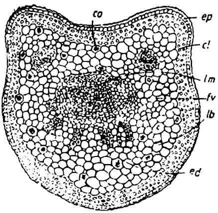



Fig. 199. Structura peţiolului de *Padus laurocerasus*: *cl* — colenchim; *cr* — cristal de oxalat de Ca; *ed* — endodermă; *ep* — epidermă; *fu* — fascicul vascular; *lb* — liber; *lm* — lemn (d. I. Grinţescu).

Parenchimul cortical este situat între colenchim şi fasciculele conducătoare; ultimul lui strat putînd avea caracterele unui endodermoid (în jurul întregului sistem vascular la peţiolul monostelic sau în jurul fiecărui fascicul la peţiolul polistelic).

În partea centrală a parenchimului fundamental se află unul sau mai multe *fascicule conducătoare* sau vasculare, adesea de mărimi diferite.

Studiile efectuate în urmă cu un secol de către *Casimir De Candolle* au evidenţiat două sisteme de ţesuturi sau sisteme conducătoare: în sistemul deschis fasciculele (văzute în secţiune transversală) sînt dispuse pe un arc, iar în sistemul închis fasciculele formează un cerc comparabil cu cel din tulpină. Pe lîngă sistemul principal, autorul citat distinge şi un sistem accesoriu, reprezentat prin fascicule corticale, şi fascicule medulare, orientate ca şi în sistemul principal (adică cu lemnul spre faţa adaxială) sau invers. Anatomistul *Lucien Petit* consideră că sistemul deschis (eustelic), cu fascicule izolate, caracterizează plantele ierboase, iar cel închis (sifonostelic), cu fascicule adesea fuzionate (în arc sau inel) este caracteristic îndeosebi plantelor lemnoase. Numărul şi poziţia fasciculelor vasculare pot fi considerate drept caractere taxonomice, fiind mai mult sau mai puţin constante la diferite familii şi chiar genuri.

Numărul fasciculelor libero-lemnoase variază foarte mult, fiind mai mare la familiile considerate ca primitive (*Magnoliaceae*, *Ranunculaceae*), la *Amentales* şi la majoritatea familiilor apetale; el este, de asemenea, ridicat (ca şi în tulpină) la monocotiledonatele cu frunze peţiolate. Dimpotrivă, se întîlnesc şi cazuri cînd frunzele au peţiol cu un singur fascicul sau cu fascicule puţine, ca la majoritatea familiilor gamopetale, la *Rosacede*, *Fabaceae* ş.a. Cînd fasciculul este unic, el este dispus ca şi în nervura mediană a limbului, liberul fiind orientat spre faţa adaxială a peţiolului.

Cercetătorul *C. L. F. Dehay* a stabilit, pe secţiuni transversale, următoarele patru tipuri fundamentale de structură a peţiolului:

*Tipul I*. Este foarte răspîndit şi reprezintă un lanţ deschis, cu pliuri externe şi pliuri interne. Din porţiunile terminale şi marginale se separă elemente destinate nervurilor mici. Pliurile externe pot forma cu porţiunile marginale lanţul libero-lemnos al nervurilor secundare mai importante. Dar pliurile externe pot să nu fie funcţionale şi atunci numai porţiunile marginale participă la vascularizarea nervurilor. Prin dezvoltarea exagerată a pliului intern se obţine un inel vascular complet izolat la partea marginală (fig. 200).

*Tipul II*. Structura peţiolului nu provine din plierea lanţurilor vasculare, ci din înrularea în formă de cîrjă (crosă) a părţilor marginale. De la această structură derivă alte două forme, prin fragmentarea lanţurilor. Orientarea fasciculelor permite să se recunoască originea lanţurilor astfel modificate.

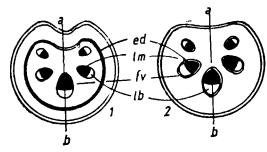



Fig. 200. Tipuri de peţiol:
*1* — cu fasciculele libero-lemnoase înconjurate de o endodermă comună; *2* — fiecare fascicul libero-lemnos este înconjurat de o endodermă proprie: *a, b* — plan de simetrie; *ed* — endodermă; *fv* — fascicul vascular; *lb* — liber; *lm* — lemn (d. I. Grinţescu).

*Tipul III.* Cîrjele amintesc pe cele de la tipul precedent, dar sînt mai alungite şi lanţul, vizibil mai comprimat lateral, prezintă strangulaţii din loc în loc; în anumite cazuri cîrjele se strangulează foarte mult, rezultînd două inele corticale, în timp ce sistemul principal devine închis; în alte cazuri, fasciculele izolate rămîn în interiorul inelului vascular principal.

*Tipul IV.* În acest caz, un lanţ închis prezintă plieri din loc în loc, rezultînd în zona centrală (medulară) inele libero-lemnoase cu polaritate inversă, adică cu liber în centru; în anumite cazuri pliurile invaginate se unesc, lanţul se rupe pe alocuri şi rezultă astfel mai multe inele independente, suprapuse.

După mulţi autori, aceste diverse structuri peţiolare sînt în raport direct cu necesităţile de ordin mecanic. Totuşi, se poate aprecia că structura peţiolului prezintă şi interes pentru stabilirea filogeniei plantelor superioare. Ea variază în cadrul anumitor familii (*Rhamnaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Urticaceae, Tiliaceae* ş.a.) sau variază frecvent după genul luat în consideraţie (*Primulaceae, Umbelliferae* ş.a.).

Oricare ar fi dispoziţia aparatului vascular, o analiză atentă va permite întotdeauna să se constate că el nu este simetric în raport cu un ax, ca la tulpină, ci cu un plan, care este planul de inserţie a frunzei.

În peţiolul de la unele plante (*Aesculus hippocastanum*) funcţionează şi un cambiu inelar (cilindric), care determină creşterea în grosime, însă ţesuturile definitive secundare nu se formează în cantitate prea mare, aşa cum se întîmplă la tulpină; formarea de ţesuturi secundare încetează odată ce frunza a ajuns la completa ei dezvoltare.

### 3.3.12.3. Structura bazei foliare

Aşa cum am văzut deja, baza frunzei poate lua o dezvoltare considerabilă la unele plante (*Umbelliferae, Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae*), înconjurînd adesea tulpina sub formă de teacă sau vagină.

După cum teaca este închisă (la *Cyperaceae*) sau nu (la *Poaceae*), conturul secţiunii transversale va fi eliptic sau circular, cu marginile complet unite sau libere şi subţiri (reduse doar la cele două epiderme). Epiderma externă are întotdeauna celule cu pereţii externi foarte îngroşaţi şi lignificaţi. Ţesutul parenchimatic dintre cele două epiderme este format din celule cu pereţii subţiri, celulozici, cele externe cu cloroplaste. În parenchim se formează numeroase şi mari lacune aerifere. În porţiunea opusă nervurii mediane teaca este foarte subţire, reprezentată doar prin cele două epiderme. Ţesutul conducător este reprezentat prin numeroase fascicule de tip colateral-închis, de dimensiuni diferite, cel median fiind întotdeauna mai gros. De regulă, fasciculele alternează cu lacunele aerifere. Epiderma internă are celule vizibil alungite tangenţial, cu toţi pereţii moderat îngroşaţi. În cazul plantelor cu frunze reduse doar la teci (*Juncaceae*), acestea sînt mult mai groase, cu o structură mai complexă.

*Stipelele* au, de obicei, o structură mai simplă decît cea a limbului. Mezofilul dintre cele două epiderme este adesea omogen, parenchimatic, cu fascicule conducătoare relativ subțiri. Țesutul mecanic este mai redus decît în limb, iar la nivelul epidermei se pot forma stomate, peri (tectori și secretori), glande nectarifere etc. La plantele cu stipele foliacee, groase, mezofilul este diferențiat în țesut palisadic și țesut lacunos, structura amintind de cea a frunzelor bifaciale dorsiventrale, fasciculele vasculare fiind mai bine dezvoltate. La *Rubiaceae* (*Asperula* sp., *Galium* sp. ș.a.) stipelele nu diferă nici ca morfologie, nici ca structură de frunzele obișnuite. Deosebirea dintre ele constă numai în faptul că doar frunzele au muguri în axila lor.

*Ochrea* are o structură foarte simplă, între cele două epiderme aflîndu-se un parenchim omogen format din puține straturi de celule izodiametrice, între care se află numeroase spații aerifere. La nivelul epidermei se diferențiază stomate, trihomhidatode, glande secretoare etc. Fasciculele vasculare sînt vizibil reduse și înconjurate fiecare de cîte o teacă de celule parenchimatice.

*Ligula* are, de asemenea, o structură simplă, pe cea mai mare parte a lungimii ei fiind formată numai din cele două epiderme. Spre bază, între epiderme se disting două-trei straturi de celule parenchimatice. Toate celulele ligulei au pereții foarte subțiri, celulozici, iar vascularizarea lipsește aproape complet.

## 3.3.13. Căderea frunzelor

La numeroase plante din zona temperată, frunzele apar primăvara și cad toamna; durata lor este deci limitată la un sezon și de aceea se numesc caduce sau decidue. Un caz particular îl constituie frunzele de la *Quercus* sp., *Fagus* sp., ș.a., care îngălbenindu-se toamna nu cad decît în cursul iernii sau chiar la începutul primăverii următoare; aceste frunze sînt numite *marcescente*. În sfîrșit, există și arbori ori arbuști cu frunze persistente, care durează mai mulți ani (*Quercus ilex*, *Buxus sempervirens*, *Hedera helix*, unele specii de *Berberis* și *Mahonia*, fără a mai vorbi de marea majoritate a gimnospermelor de la noi).

Căderea frunzelor este însoțită de o serie de transformări de ordin fiziologic și histo-anatomic. În general, în preajma căderii frunzelor, o bună parte din substanțele minerale și hidrocarbonate conținute în ele migrează și se depozitează în tulpină.

Căderea frunzelor se datorește formării unui strat (țesut) de *celule separatoare* (pe seama unei zone meristematice), urmată de formarea unui țesut protector, care evită uscarea țesuturilor astfel dezgolite (fig. 201).

Țesutul separator, format din unul sau mai multe straturi de celule, alcătuiește o lamă transversală îngustă, care se întinde peste toate țesuturile de la baza pețiolului, exceptînd cele conducătoare.

La momentul potrivit, deci la căderea frunzelor, lamela mediană a acestor celule se gelifică, astfel încît frunza nu se mai află în legătură cu tulpina decît prin fascicule conducătoare și cade sub acțiunea gravitației, la cea mai mică suflare de vînt, deoarece numai țesuturile conducătoare nu o mai pot susține. Vasele lemnoase se obturează prin formarea de tile, iar celelalte țesuturi sînt protejate prin apariția unui strat de celule cu pereții lignificați și suberificați.

De obicei, meristemul producător al păturii de celule separatoare se formează chiar la baza pețiolului, ceea ce face ca cicatricea care rămîne să se găsească la același nivel cu scoarța tulpinii. Uneori, însă, meristemul zonei de celule separatoare se formează la mijlocul lungimii pețiolului (*Rubus* sp.) și în acest caz o parte a pețiolului rămîne pe tulpină.



CarteAgro 2013

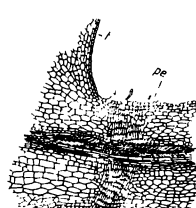



Fig. 201. Secțiune longitudinală prin regiunea bazală a unui pedunculfoliar de la o dicotiledonată cu țesutul de separație dezvoltat:
*ep* — epidermă; *fv* — fascicul vascular; *pe* — pețiol; *sc* — scoarță; *t* — tulpină; *ts* — țesut de separație; (d. E. Strasburger).

Rana rămasă pe tulpină se cicatrizează, prin formarea unor celule cu rol de protecție. În cazul cel mai simplu, acestea sînt celule obișnuite, care la un moment dat suferă modificări chimice, adică se lignifică și se suberifică (*Acer* sp., *Pyrus* sp. ș.a.). În alte cazuri celulele se divid neregulat înainte de a suferi aceste modificări (*Juglans* sp., *Prunus* sp., ș.a.) sau se formează un adevărat felogen local (*Populus* sp., *Salix* sp., ș.a.), producător de suber de cicatrizare, suber care se racordează cu cel al peridermului din tulpină.

Uneori suberul de cicatrizare apare curînd după formarea lamei de celule separatoare, așa încît după căderea frunzei rana este deja cicatrizată; acest suber, deși format de timpuriu, nu întrerupe comunicația cu tulpina decît după un anumit timp (*Populus* sp., *Alnus* sp., *Acer* sp., *Prunus* sp., *Salix* sp. ș.a.).

Se cunosc și cazuri cînd nu se formează nici un fel de țesut separator înainte de căderea frunzelor; acestea se usucă pe loc și în cele din urmă pețiolul se rupe în lungul său, resturi din el rămînînd pe tulpină. Așa este cazul palmierilor, la care frunzele nu cad toate odată, ci se desprind treptat. După cîțiva ani însă cad și resturile de pețiol, lăsînd pe tulpină mari cicatrice.

## 3.3.14. Importanța economică a frunzelor

Frunzele multor plante sînt folosite în alimentație. Este cazul frunzelor de lăptucă, spanac, sfeclă, știevie, lobodă, varză etc. De o importanță economică deosebită sînt frunzele de ceai (*Thea sinensis*).

Din frunzele de *Phormium* sp., *Yucca* sp. și *Agave* sp., se extrag valoroase fibre textile, iar din cele de *Stipa tenacissima* se obține o pastă din care se fabrică hîrtie de calitate superioară.

Frunzele de *Musa textilis* servesc la fabricarea sfoarei de Manila, folosită la legatul mecanic al snopilor. Un alt material bun pentru legat, în viticultură și horticultură, este și rafia, care se obține din frunzele palmierului *Raphia taedigera*.

Un număr mare de plante sînt cultivate pentru frunzele lor, care se bucură de proprietăți terapeutice, ca: menta (izma), melisa, sovîrful, salvia, rozmarinul ș.a.

Alte plante sînt cultivate spre a folosi drept condimente în alimentație, cum ar fi: cimbrul, pătrunjelul, mărarul, leușteanul, tarhonul, dafinul ș.a.

Amintim și de frunzele de tutun (*Nicotiana tabacum*), atît de mult căutate pentru fabricarea țigărilor.



©PetAbuse 2013

Frunze valoroase din punct de vedere industrial sînt cele de la *Carludovica palmata*, plantă tropicală, din care se obțin fișii cu care se confecționează cunoscutele și apreciatele pălării de Panama.

La cele de mai sus se adaugă numeroasele specii de plante furajere (îndeosebi graminee și leguminoase), la care frunzele au cea mai mare valoare nutritivă, și atîtea alte specii de plante alimentare de la care se utilizează toate sau aproape toate organele vegetative.

# 4. REPRODUCEREA PLANTELOR

Una din însușirile fundamentale ale organismelor o reprezintă proprietatea lor de a se înmulți, de a da urmași asemănători cu ele, asigurîndu-se astfel perpetuarea speciilor și continuitatea vieții. Plantele efemere, după germinație, își dezvoltă repede organele vegetative, fructifică și apoi mor; în cîteva luni de vară, dau naștere la mai multe generații (*Stellaria media, Veronica hederifolia* ș.a.). La alte plante durata perioadei de vegetație se prelungește la aproape un an ca la *Senecio vulgaris, Chenopodium album* ș.a. La unele composite, umbelifere ș.a. durata vegetației este de doi ani (plante bienale sau bisanuale), în timp ce la cele plurienale este de mai mulți ani; acestea însă nu produc semințe decît o singură dată în viața lor și apoi mor (*Agave americana*).

O durată lungă de vegetație se constată și la unele plante inferioare, dintre care menționăm: *Laminaria* sp., *Macrocystis* sp., dintre alge, *Polyporus* sp. dintre ciuperci și *Sphagnum* sp. dintre briofite.

## 4.1. Definiția înmulțirii

Și în prezent părerile biologilor privind înmulțirea și reproducerea sînt diferite, termenii de înmulțire și reproducere fiind adesea utilizați ca sinonimi.

Înmulțirea este proprietatea pe care o au plantele de a-și spori numărul de indivizi cu ajutorul germenilor asexuați care încep un nou ciclu de dezvoltare de la stadiul în care se găseau în momentul desprinderii de pe planta mamă.

Reproducerea este însușirea majorității plantelor de a produce urmași cu ajutorul germenilor sexuați care în dezvoltarea lor trec prin toate fazele și transformările parcurse de părinții lor.

## 4.2. Germenii

O celulă sau un grup de celule care reprezintă stadiul inițial al unei noi faze de dezvoltare în ciclul evolutiv al unui organism poartă numele de *germene*. Germenii pot fi *unicelulari* sau *pluricelulari* și în general sînt rezistenți față de condițiile mediului extern.

Corespunzător cu originea lor germenii pot fi *asexuați* sau *sexuați*. Germenii care se formează fără proces sexual sînt *asexuați*; cînd acești germeni sînt specializați *înmulțirea* este *asexuată* (sensu stricto). Germenii asexuați unicelulari specializați se numesc *spori*. Aceștia pot fi *spori în sens strict* sau *spori obligatori* și *spori facultativi* sau *gonidii* (gr. *gonos* = făt; *eidos*-).

Sporii facultativi (gonidiile) care derivă dintr-un gametofit prin dezvoltare dau naștere unui alt gametofit asemănător. Deci gonidiile se formează în afara ciclului de generații sau de cariofaze obligatorii și după cum se diferențiază din haplo- sau diplofază ele se numesc haplo- sau diplogonidii.

În funcție de formă germenii asexuați unicelulari sînt clasificați în *macro-* și *microspori*. *Tocospori* se numesc sporii care sînt *gonotoconți* (gr. *gonos-*; *tokeus* = generator) adică celule în care se produce meioza. Primele celule haploide provenite dintr-o diviziune reducțională se numesc *gone*, iar cînd acestea sînt spori se numesc *gonospori* (gr. *gonos-*; *spora-*). Dintre germenii asexuați specializați fac parte: ascosporii, bazidiosporii, uredosporii, briosporii, pteridosporii etc. Sînt considerați de asemenea germeni asexuați *gameții partenogenetici* și *efebogenetici*-celule sexuate care și-au pierdut capacitatea de fecundație.

Dacă germenii asexuați sînt nespecializați *înmulțirea* se numește *vegetativă*. Sînt germeni nespecializați: tuberculii, bulbii, ramuri aeriene, turionii, fragmente de tal, de frunze etc. Înmulțirea plantelor pe cale artificială, prin butași, marcote ș.a. reprezintă de asemenea o înmulțire vegetativă.

Germenii *sexuați* se formează în urma contopirii gameților de sex diferit. Sînt considerați germeni sexuați: zigoții, embrionii precum și plantulele (zigoți transformați).

Deoarece în natură prin reproducere se asigură și o înmulțire, acești doi termeni sînt aproape sinonimi.

În general se deosebesc trei tipuri principale de înmulțire:

1. Înmulțire asexuată
2. Înmulțire vegetativă
3. Reproducere sexuată

## 4.3. Înmulțirea asexuată (Monogonia)

**Înmulțirea asexuată** sau *monogonia* (gr. *monos-*; *goneia* = zămislire). Monogonia (termen introdus de *Haeckel*) se caracterizează prin aceea că indivizii noi iau naștere plecînd de la o celulă sau de la un grup de celule aparținînd aceluiași organism, fără să fi avut loc un proces sexual.

În cadrul monogoniei se deosebește *înmulțirea asexuată* (sensu stricto) și *înmulțirea vegetativă*.

### 4.3.1. Înmulțirea vegetativă

Însușirea multor plante de a genera un nou organism pornind de la un organ vegetativ, de la un fragment de organ, de la un grup de țesuturi sau chiar de la o celulă constituie înmulțirea vegetativă. Aceasta reprezintă și o regenerare ca fiind legată de o anumită etapă de dezvoltare a plantei mamă și în același timp este o formă de rezistență și de adaptare la mediu.

La unele plante acest mod de înmulțire are loc în mod natural, iar în alte cazuri se face de către om, pe cale artificială.

Înmulțirea vegetativă este un proces normal și uneori obligatoriu ca la briofite și poacee. Ea devine obligatorie la speciile care cel puțin într-o parte a ariei lor nu pot forma semințe. Astfel sînt unele plante exotice care nu fructifică în climatul temperat unde se cultivă frecvent (*Pelargonium zonale*, *Fuchsia* sp. ș.a.). La fel se comportă și speciile dioice de la care numai o formă unisexuată a fost introdusă în cultură: *Populus nigra* var. *italica* ș.a. *Elodea canadensis* introdusă

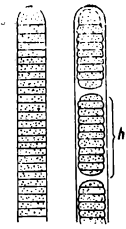



Fig. 202. Formarea hormogoanelor la *Oscillatoria*: sp. *h* — hormogoane (d. I. Grinţescu).

în Europa la mijlocul secolului trecut numai prin exemplare feminine, s-a înmulţit foarte mult prin fragmente de plantă, adică prin **butăşirea naturală**.

**Înmulţirea prin diviziune celulară** (bipartiţie, scizipariate). Cel mai simplu mod de înmulţire vegetativă se întîlneşte la plantele unicelulare, care în condiţii favorabile se divid dînd naştere la indivizi noi.

La procariote (bacterii şi alge albastre) înmulţirea vegetativă se realizează prin diviziune celulară.

Înmulţirea vegetativă prin diviziune celulară se întîlneşte şi la unele eucariote, cum sînt diatomeele, unele alge verzi, flagelatele ş.a.

O formă de înmulţire vegetativă este şi *înmulţirea prin înmugurire* caracteristică pentru unele ciuperci ca *Saccharomyces cerevisiae*.

**Înmulţirea prin fragmentare**. La unele plante corpul vegetativ se rupe în bucăţi, iar fragmentele rezultate generează noi indivizi.

La unele plante inferioare înmulţirea vegetativă este destul de răspîndită. La unele cianoficee (*Oscillatoria* sp., *Plectonema* sp.) se formează organe de înmulţire vegetativă numite *hormogoane*—fragmente pluricelulare de tal ce se separă dintr-un cenobiu sau dintr-o colonie filamentoasă. Hormogoanele sînt flexibile şi în mediul acvatic produc mişcări oscilatorii. Celulele care formează hormogoanele se divid şi dau naştere unui nou tal (fig. 202). La *Nostoc* sp. locurile de fragmentare ale talului sînt marcate prin celule speciale numite *heterocişti*.

La *Spirogyra* sp. (*Chlorophyta*) filamentele lungi se separă foarte uşor la nivelul pereţilor transversali; fragmentele rezultate formează astfel noi plante.

Fragmentarea talului are loc şi la unii licheni: *Cladonia* sp., *Xanthoria* sp. ş.a. la care mici grupe de alge (gonidii) înconjurate de hife miceliene alcătuiesc formaţiuni numite *soredii*. Acestea se formează sub zona corticală a talului şi sînt puse în libertate prin ruperea acestui strat (fig. 203). Ele au dimensiuni reduse, se formează în număr foarte mare şi sînt răspîndite uşor de vînt sub formă de pulbere; în condiţii favorabile dau naştere la noi taluri.

La alte plante se diferenţiază formaţiuni numite *propagule* (gemmae)-care sînt caracteristice rodofitelor, briofitelor şi unor feofite. Propagulele, pe lîngă însuşirea lor de a forma noi taluri, mai servesc şi la răspîndirea plantelor respective la distanţe mari.

Fig. 203. Formarea unei soredii la *Xanthoria parietina:*
*1* — diferenţierea; *2* — desprinderea; *3* — fixarea sorediei: *go* — gonidii; *rz* — rizoizi; (d. I. Grinţescu)



BibliotecaDigitală 2013

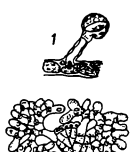



Fig. 204. — Formarea propagulelor pluricelulare la *Melobesia callithamnioides:*
*1* — diferențierea; *2* — germinația propagulelor (d. I. Grințescu).

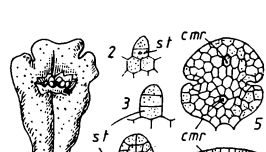



Fig. 205. Formarea propagulelor la *Marchantia polymorpha:*
*1* — lob cu coșuleț cu propagule; *2* — *4* — fazele de dezvoltare ale unei propagule; *5* — propagul matur; *6* — propagul în secțiune transversală: *cmr* — celule mame rizoidale; *st* — stil (d. I. Grințescu).

La unele alge roșii ca *Melobesia callithamnioides*, o rodoficee epifită (fig. 204) propagulele pluricelulare se formează pe niște ramificații scurte ale căror extremități se umflă ridicîndu-se deasupra talului. În umflătura produsă se diferențiază, prin diviziuni repetate, organe de formă triunghiulară ale căror celule sînt dispuse în evantai. În condiții favorabile de germinare acestea generează noi taluri.

Începînd cu briofitele, propagulele se pot forma din oricare parte a gametofitului. La *Marchantia polymorpha* propagulele pluricelulare se diferențiază dintr-o celulă vegetativă de la baza unui coșuleț care se dezvoltă pe fața dorsală a talului; ele au o formă lenticulară și sînt ușor gîtuite la mijloc. Cele două fețe ale unei propagule de *Marchantia* sînt echivalente, astfel că numai în funcție de lumină se va diferenția țesutul asimilator pe una din fețe. După detașarea de pe gametofit, propagulele generează o nouă plantă (fig. 205).

La pteridofite mugurii adventivi epidermali au o deosebită importanță în înmulțirea vegetativă a ferigilor, deoarece din aceștia se formează rădăcini cu care se fixează de substrat dînd astfel naștere la noi plante.

Fragmentarea este caracteristică și unor plante acvatice ca: *Azolla* sp., *Salvinia natans*, *Lemna* sp., *Myriophyllum* sp., *Ceratophyllum* sp., *Utricularia* sp., ș.a.

Înmulțirea prin fragmentare este întîlnită și la plantele lemnoase.

**Înmulțirea prin organe vegetative.** Acest mod de înmulțire se realizează *natural* și *artificial*:

*Înmulțirea vegetativă naturală* se realizează:

— prin *separarea ramurilor* de pe planta mamă care devin indivizi noi ce continuă să se dezvolte mai departe (*Senecio articulatus*, fig. 206). De asemenea ea este foarte frecventă la plantele acvatice începînd cu unele alge (*Chara* sp.) și continuînd cu cele superioare ale căror ramuri desprinse sînt împrăștiate de apă. Alteori ramurile rupte sînt răspîndite de vînt așa cum se întîmplă cu plantele de pe nisipurile litorale (*Salsola kali* ș.a.);

— prin *tuberculi* care provin din tuberizarea unei părți dintr-o ramură subterană (stolon) sau a vîrfului acesteia, așa cum se întîmplă la *Solanum tuberosum* (v. fig. 140);

— prin *bulbi* care sînt tulpini scurte (microblaste) subterane (*Allium cepa*, *Hyacinthus* sp. ș.a., v. fig. 142);

— prin *tuberule* și *bulbile* care sînt muguri tuberizați; detașați de pe planta mamă și în contact cu solul se înrădăcinează formînd noi plante (*Dentaria bulbi-*



CarteAdmin 2013

Fig. 206. Înmulțirea la *Senecio articulatus:*
*a* — ramură care se desprinde; *b* — ramură în timpul dezvoltării (d. I. Grințescu).

*fera* (v. fig. 137), *Ficaria verna* (v. fig. 137), *Bryophyllum* sp., *Asplenium bulbiferum*, *A. viviparum* ș.a., unele specii de *Allium*, *Poa* ș.a.;

— prin *lurioni* (hibernacule) care sînt muguri formați toamna la vîrful tulpinii; se detașează de pe plantă iernînd pe fundul bălților, iar primăvara generează noi plante (*Utricularia* sp., *Stratiotes* sp., *Hydrocharis* sp., ș.a.);

— prin *stoloni* la *Fragaria vesca* (v. fig. 133), *Ranunculus repens*, *Ajuga reptans*, *Hieracium pilosella* ș.a.;

— prin *drajoni*, lăstari proveniți din mugurii adventivi ai rădăcinilor ca la *Populus* sp., *Tilia* sp., *Robinia* sp., *Taraxacum* sp., *Cirsium* sp., ș.a.;

— prin *sclerоți*, organe de rezistență, bogate în substanțe de rezervă, caracteristice unor ciuperci; în condiții favorabile ei germinează și dau naștere unui micelіu sau formează direct fructificații (*Claviceps purpurea*);

— prin *rizomorfe* care se întîlnesc la ciupercile superioare. Acestea sînt mănunchiuri de hife micelіene devenite rezistente, care au aspectul unor cordoane cu creștere terminală nelimitată; din ele se formează noi indivizi (*Armillaria melea*, fig. 207);

— prin *talidii*, organe de înmulțire vegetativă ce se formează atît pe părțile cauloidale cît și pe cele rizoidale ale unei alge. Ele au forma unor tuberule mici, bogați în substanțe de rezervă care prin germinare formează noi taluri (*Characeae*; fig. 208);

— prin *macrocişti* care se formează din plasmodiile tinere ale mixomicetelor, în condiții nefavorabile, prin închistarea acestora. Ei sînt destul de mari și se aseamănă cu sclerоții.

**Înmulțirea vegetativă artificială**. Toate formele de înmulțire vegetativă servesc plantelor pentru a se regenera, precum și de a transmite descendenților particularitățile lor morfo-structurale. Datorită acestui fapt a fost larg aplicată, încă din

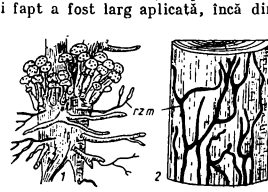



Fig. 207. Înmulțirea prin rizomorfe la *Armillaria melea:*
*1* — grupă de fructificații; *2* — trunchi cu scoarța îndepărtată, cu rizomorfe: *rzm* — rizomorfe (d. I. Grințescu).



Digitized by Arhiva pentru Educație 2013

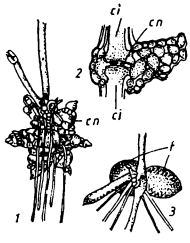



Fig. 208. Talidii la *Chara stelligera:*
*1* — talidii cauloidale; *2* — secțiune într-o talidie cauloidală; *3* — două talidii rizoidale la *Chara baltica: cn* — celulă nodală; *ci* — celule internodale *t* — talidii (d. I. Grințescu).

timpuri străvechi, în cultura diferitelor plante utile omului. Înmulțirea vegetativă artificială se practică sub diverse forme:

— prin *separarea* unor indivizi cu rădăcini și tulpini proprii din tufele unor plante ornamentale ca *Paeonia* sp., *Iris* sp., *Dahlia* sp. ș.a. care replantate pot să-și continue dezvoltarea.

— prin *butășire*, se înțelege detașarea unui organ vegetativ de pe planta mamă și punerea lui în condiții favorabile de formare a rădăcinilor. Fragmentele de organe vegetative din care se dezvoltă noi indivizi se numesc *butași* (fr. *bouture* = butaș); ei servesc la înmulțirea plantelor; procedeul se folosește frecvent în horticultură. Butașii pot fi ramuri ca la *Pelargonium zonale, Salix* sp., *Ribes* sp., *Vitis vinifera* ș.a. sau fragmente de rădăcini ca la *Prunus avium, Prunus domestica, Rubus idaeus, Phlox paniculata* ș.a. sau fragmente de frunze ca la *Begonia, Coleus* sp., *Ficus* sp., *Peperomia* sp. ș.a;

— prin *marcotaj*, ce se aplică la unele plante care formează ramuri flexibile pe pământ sau sub pământ; acestea se fixează în sol prin rădăcini adventive, iar deasupra solului formează tulpini și frunze care se pot detașa de planta mamă și trăi izolat. Aceste ramuri se numesc *marcote* (fr. *marcotte-*); o asemenea înmulțire este folosită la unele plante lemnoase ca *Vitis vinifera, Cydonia oblonga, Ribes* sp., precum și la unele ierbacee ca *Dianthus* sp., constituind *marcotajul artificial*. În acest caz, ramurile flexibile care urmează să fie separate (marcotele) sînt îndoite și fixate cu cîrlige în sol astfel ca vîrfurile lor să rămînă la suprafață. Numai după ce s-au format rădăcini adventive, se separă de planta mamă (fig. 209).

— prin *altoire*. Procedeul constă în fixarea unei ramuri tinere numită „altoi" sau chiar numai a unor muguri, cu însușiri superioare, pe o altă plantă numită „portaltoi". În acest fel, se transmit însușirile superioare și utile de la altoi la portaltoi și invers.

Fig. 209. Înmulțirea prin marcotaj la *Vitis vinifera:*
*m* — marcote (d. I. Grințescu).

Metodele de altoire sînt numeroase și variate; mai frecvent utilizate sînt altoirile prin: alipire, în copulație, în despicătură, sub coajă, în ochi (prin oculație) ș.a.

### 4.3.2. Înmulțirea asexuată (sensu stricto)

Acest mod de înmulțire se realizează prin germeni asexuați unicelulari sau pluricelulari.

Germenii asexuați unicelulari specializați se numesc *spori*; ei sînt foarte răspîndiți în regnul vegetal și reprezintă la unele plante singura formă de înmulțire (*Fungi imperfecți*). Sporii se formează în organe de reproducere numite *sporocişti* (sporangii); formarea lor este precedată în general de o diviziune reducțională (meioză) fiind de aceea haploizi și numiți *meiospori*. Aceștia se deosebesc de cei formați în urma unei mitoze normale care se numesc *mitospori*; ei se pot forma atît în haplofază (haplo-mitospori) cît și în diplofază (diplo-mitospori).

La alge ca și la ciuperci un sporocist provine din dezvoltarea unei celule-mame, mai întîi uninucleată, care în urma unor diviziuni nucleare își divide întregul conținut într-un număr oarecare de spori mobili (zoospori) sau imobili (aplanospori). În acest caz învelișul sporocistului este de fapt peretele celulei mame.

La *arhegoniate* organele care produc sporii provin de asemenea dintr-o celulă uninucleată. Din diviziunea conținutului acestei celule se diferențiază la început celule externe care constituie un înveliș format dintr-unul sau mai multe straturi de celule și numai partea internă, rămasă din protoplasmă, va da naștere sporilor. Așadar la arhegoniate numai o parte din conținutul celulei mame se transformă în spori, restul formează un înveliș pluricelular în jurul celulelor fertile. Un astfel de organ este un *sporange* (fig. 210).

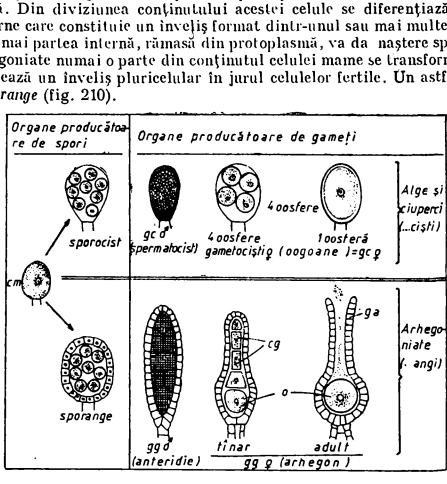



Fig. 210. Deosebirea între sporocistii algelor și ciupercilor și între sporangii și gametangii arhegoniatelor:
*cg* — celula gîtuluí; *cm* — celulă mamă; *ga* — gîtul arhegonului; *gc* — gametocist; *gg* — gametange; *o* — oosferă; (d. H. Abbayes și colab.).

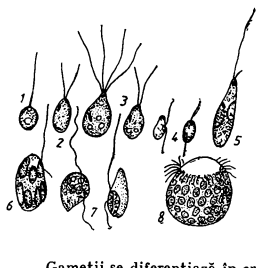


Fig. 211. Tipuri de zoospori:
*1 — Olpidium* sp.; *2 — Chlorococcum* sp.; *3 — Ulothrix* sp.; *4 — Plasmopara* sp.; *5 — Botrydium* sp.; *6 — Tribonema* sp.; *7 — Ectocarpus* sp.; *8 — Oedogonium* sp. (d. I. Grințescu).

Gameții se diferențiază în organe numite *gametocişti* (gametangii) masculini şi feminini care se formează ca şi sporocistii.

La arhegoniate gameții masculini (anterozoizii) se formează în gametangele masculin sau *anteridie*, iar cei feminini în gametangii feminine numite *arhegoane*.

**Înmulțirea prin germeni unicelulari**. Sporii sînt foarte răspîndiți şi variați ca morfologie şi structură; se cunosc mai multe tipuri:

— *Zoogonidiile* (spori facultativi) şi *zoosporii* (spori obligatori) au formă aproximativ sferică, ovală sau piriformă şi sînt protejați de un înveliş celulozic, subțire. Zoosporii sînt prevăzuți cu flageli: cu 1 flagel la *Olpidium* sp., cu 2—4 flageli egali ca mărime şi situați la polul anterior (*Chlorococcum* sp., *Ulothrix* sp., *Plasmopara* sp. La *Botrydium* sp. o algă verde, cei 2 flageli sînt terminali, însă unul este foarte scurt. La *Tribonema* sp. şi *Ectocarpus* sp. flagelii sînt inegali şi dispuşi lateral. La *Oedogonium* sp. zoosporii numiți *stefanoconți* sînt prevăzuți la partea anterioară cu numeroşi flageli egali dispuşi sub formă de coroană. La unele ficomicete sporii sînt lipsiți de flageli; ei se numesc *aplanospori*. La cloroficee şi feoficee zoosporii conțin 1 — mai mulți cromatofori, fiind adesea prevăzuți cu o formațiune, ca o pată, de culoare roşie numită *stigma* (ocellum) (fig. 211).

Zoosporii odată eliberați din zoosporocişti se mişcă citva timp activ în mediul acvatic, apoi pierd flagelii şi se fixează cu partea anterioară generînd un nou tal. Ei sînt caracteristici pentru flagelate, cloroficee, feoficee şi ficomicete. Zoosporii se pot forma cîte unul într-o celulă (*Oedogonium*), cîte 1—4 sau mai mulți *macrozoospori* sau chiar cîte 4 — numeroşi *microzoospori* ca la *Ulothrix*, diferențiindu-se în acest caz prin diviziune liberă. La unele ficomicete ca *Saprolegnia* zoosporii se formează în număr foarte mare (fig. 212).

Zoosporii se pot forma într-o celulă oarecare a talului ca la *Ulothrix* sp. sau într-un organ specializat *zoosporocist* (sporange). Acesta poate fi unicelular (*Ectocarpus lucifugus*) sau pluricelular (la unele *Ectocarpales*) (fig. 213).

La unele alge sporocistii se formează izolat sau în grupuri alcătuind sori pe suprafața filoidului (*Laminaria* sp. ş.a.).

La unele sifonale (*Vaucheria* sp. ş.a.) sporocistii sînt claviformi, terminali, cu un singur zoospor pluriflagelat. Sub fiecare pereche de flageli se află cîte un nucleu, constituind astfel un *sinzoospor*.

La alte alge verzi ca *Hydrodiction* sp. într-o celulă se formează numeroşi zoospori foarte mici care nu sînt eliberați din celula mamă, ci se dispun sub formă de rețea alcătuind un cenobiu nou care este pus în libertate prin distrugerea peretelui celulei mame; asemenea zoospori se numesc *sinzoospori* (fig. 214).



Digitized by Arhiva Digitală 2013

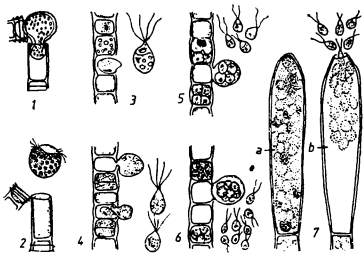



Fig. 212. Formarea unui zoospor într-o celulă la *Oedogonium concatenatum* (*1, 2*);
*3, 4 — Ulothrix* sp. — formarea a 1—2 macrozoospori *4* — flagelaţi; *5, 6 — Ulothrix* sp. — formarea a 4 — mai mulţi microzoospori biflagelaţi în fiecare celulă; *7 — Saprolegnia sp.* — zoo-sporocişti cu numeroşi zoospori: *a* — formarea; *b* — punerea în libertate a zoosporilor (d. I. Grinţescu).

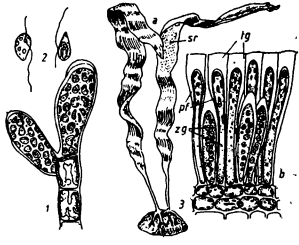



Fig. 213. Zoosporocişti unicelulari la *Ectocarpus lucifugus* (*1*);
*2* — zoospori biflagelaţi (*Chorda filum*); *3* — zoosporocişti unicelulari dispuşi în sor la *Laminaria saccharina*; *a* — habitus; *b* — secţiune într-un sor: *sr* — sor; *pf* — parafize; *tg* — teacă gelatinoasă; *zg* — zoosporocişti (d. I. Grinţescu).

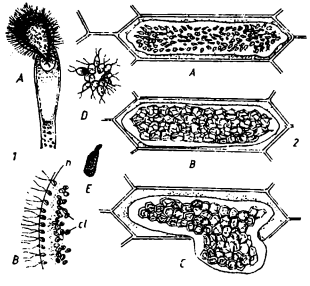



Fig. 214. *Vaucheria repens* (*1*):
*A* — sinzoospor pluriflagelat în momentul ieşirii din zoosporocist; *B* — secţiune într-un sinzoospor; *2 A* — celulă de *Hydrodyction* sp. cu numeroşi sinzoospori; *B* — sinzoosporii alcătuiesc un nou cenobiu; *C* — eliberarea unui cenobiu; *D* — sinzoospor; *E* — cenobiu nou: *cl* — cloroplaste; *n* — nuclee (d. I. Grinţescu).



©BioAdmin 2013

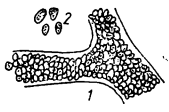


Fig. 215. Fragment de tal cu numeroase gonidii la *Phyllostphon arisari* (*1*);
*2* — patru gonidii separate (d. I. Grințescu).

Spori obligatori sînt consideraţi şi cei 4 macrozoospori care rezultă din germinarea oosporului (oocistului) de la *Oedogonium* sau din germinarea zigotului de la *Coleochaete* ca şi zoosporii formaţi pe sporofitul de *Cutleria, Laminaria* ş.a.

— *gonidiile* se aseamănă, atît morfologic cît şi ca origine cu zoosporii cu deosebirea că sînt imobile (*Phyllosiphon arisari* ş.a.) (fig. 215). Ca şi zoosporii, gonidiile iau naştere prin transformarea unor celule vegetative; ca forme de trecere între acestea sînt consideraţi „monosporii" rodofitelor.

— *tetrasporii* sînt spori obligatori caracteristici feofitelor şi rodofitelor formaţi în *tetrasporocişti* (tetrasporangi) de origine diferită. Astfel la feofite ei se diferenţiază dintr-o celulă corticală care se divide în 2 celule: una devine celula bazală, iar cealaltă va forma tetrasporocistul propriu-zis care se divide meiotic în 4 meiospori-tetrasporii. Aceştia nu se separă unii de alţii, iar la ieşirea din sporocişti, germinează imediat.

La rodofite tetrasporociştii au origine diferită: dintr-o celulă terminală a unei ramificaţii a talului (*Callithamnion corymbosum*, fig. 216) sau dintr-o parte mai umflată sau într-o depresiune a talului sau pe ramuri speciale ale talului.

— *conidiile* (conidiosporii) sînt spori facultativi, de formă sferică sau eliptică şi de obicei incolori. Conidiile sînt protejate de un perete celular relativ gros, sînt imobile şi conţin 1 — mai multe nuclee; pot fi unicelulare, bicelulare sau pluricelulare. *Fungi imperfecti* (ciupercile imperfecte) se înmulţesc numai prin conidii; acest mod de înmulţire este foarte răspîndit la ficomicete şi ascomicete.

Conidiile se formează pe suporturi speciale numite *conidiofori*. După locul unde se formează se deosebesc: *endoconidii* şi *exoconidii*.

— *endoconidiile* (sporii) se formează în celule vegetative ale miceliului prin simpla transformare a acestora sau în celule speciale numite *sporangi* (sporocişti). În general ei sînt situaţi la extremitatea ramificaţiei unei hife miceliene numită *sporangiofor* (conidiofor). Endoconidiile se mai numesc *aplanospori* sau *sporangiospori* (ex. *Mucoraceae*).

— *exoconidiile* se diferenţiază pe conidiofori şi de multe ori pe prelungiri ale conidioforului numite *sterigme* (fig. 217). Exoconidiile se formează în general prin înmugurire după care se desprind de conidiofori (*Peronosporaceae, Erysiphaceae, Aspergillaceae*); ficomicetele mai evoluate se înmulţesc prin conidii care sînt răspîndite cu ajutorul vîntului. Ele reprezintă de fapt zoosporocişti (zoosporangi) caduci deoarece din germinarea lor rezultă zoospori.

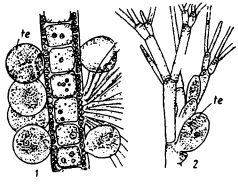



Fig. 216. Secţiune într-un tal de *Dictyota dichotoma* cu mai mulţi tetrasporocişti (*1*);
*2* — fragment de tal de *Callithamnion corymbosum*: *te* — tetrasporocist matur (d. I. Grințescu).

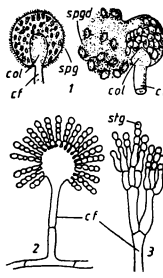



Fig. 217. Endoconidii la *Mucor mucedo* (1); 2, 3 — exoconidii la: *Aspergillus* sp. (2) și *Penicillium* sp. (3): *cf* — conidiofor; *col* — columelă; *spg* — sporange; *spgd* — sporange deschise; *stg* — sterigme (d. I. Grințescu).

Conidii se întîlnesc și la ascomicete; acestea nu sînt omoloage cu cele de la ficomicete. În timp ce la ficomicete conidiile reprezintă zoosporangi caduci și nu sînt altceva decît un stadiu din ciclul de dezvoltare al ciupercii, la ascomicete conidiile se formează în funcție de condițiile mediului. Uneori conidiile se formează direct pe miceliu în care caz se numesc *conidii de înmugurire*. La cele mai multe ascomicete conidiile se formează pe conidiofori izolați sau asociați în fascicule numite *coremii*.

— *ascosporii* sînt germeni haploizi caracteristici ascomicetelor. Ei sînt meiospori obligatori (gonospori), de formă eliptică, cu peretele îngroșat și deseori colorat.

Ascosporii sînt endospori deoarece ei se formează în interiorul unui organ numit *ască*, care ia naștere în urma unui proces sexual.

La ascomicete procesul sexual este o *gametangiogamie* întrucît copularea are loc între gametangii în care nu se mai individualizează gameții. La formele evoluate se întîlnește *heterogametangiogamia* (heterocistogamie) numită și *ascogamie*, organele sexuale fiind diferențiate atît morfologic cît și funcțional.

*Gametocistul* feminin numit *ascogon* poate fi sferic, oval sau cilindric. El este prevăzut adesea cu o prelungire, asemănătoare unui gît numit *trihogin* care este separat de ascogon printr-un perete. Oosfera nu se diferențiază în ascogon, ci întreg conținutul ascogonului format din citoplasmă și numeroase nuclee haploide este considerat ca oosferă (fig. 218).

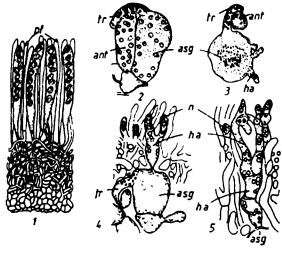



Fig. 218. Asce cu ascospori la *Peziza* sp. (*1*); între asce parafize (pf); *2* — organe sexuale la *Pyronema confluens:* ascogon, trihogin și anteridie; *3* — fecundația și începutul formării hifelor ascogene; *4, 5* — ramificarea hifelor ascogene formate din celule cu 1—8 perechi de nuclee: *ant* — anteridie: *asg* — ascogon; *ha* — hife ascogene: *n* — nuclee; *tr* — trihogin (d. I. Grințescu).

*Gametocistul* masculin numit *anteridie* este alungit și măciucat; el se formează la extremitatea unor hife din apropierea ascogonului. Gameții masculini nu se individualizează; anteridia conține de asemenea citoplasmă și numeroase nuclee haploide.

În momentul fecundației anteridia atinge vîrful trihoginului, la locul de contact pereții se resorb, iar conținutul anteridiei se varsă în ascogon. Citoplasmele celor două gametangii fusionează, deci are loc *plasmogamia*. În ascogonul „fecundat" nucleele masculine nu se contopesc cu cele feminine, ci se dispun unele lîngă altele alcătuind atîtea perechi cîte nuclee au fost în gametocistul feminin.

După ce a avut loc fecundarea, trihoginul se separă de ascogon printr-un perete transversal și apoi se vestejește. Din ascogonul fecundat rezultă prin evaginație, filamente ascogene numite *hife ascogene* care încep să se ramifice și se separă prin pereți transversali în celule binucleate. Perechile de nuclee din hifele ascogene se înmulțesc în mod conjugat. În final, fiecare hifă ascogenă se divide în mai multe celule și fiecare celulă conține 1—8 perechi de nuclee. Reiese că la începutul fecundației ascomicetelor are loc numai o *plasmogamie* în urma căreia rezultă dicariofaza reprezentată prin hifele ascogene.

*Formarea ascelor*. Modul cum se formează o ască variază. La *Pyronema confluens* ascele se diferențiază din celulele terminale ale hifelor ascogene. Celulele bazale ale acestora au la început cîte 2—8 perechi de nuclee, iar cele terminale, numai o singură pereche (Fig. 219).

La un moment dat vîrful unei celule terminale se alungește și se îndoaie în jos în formă de *cîrlig*; unul din nuclee trece în extremitatea îndoită a cîrligului, iar celălalt rămîne în partea neîndoită. Ulterior cele două nuclee se divid în așa fel încît fusurile lor de diviziune sînt orientate paralel. După diviziune rezultă patru nuclee, dintre care două trec în îndoitura cîrligului, unul în vîrful cîrligului și altul rămîne în partea bazală. Partea cîrligului în care se găsesc două nuclee haploide, se separă printr-un perete transversal de restul filamentului, luînd astfel naștere *celula ascogenă*. Porțiunea bazală și vîrful cîrligului în care se află cîte un nucleu haploid ajung în contact și fuzionează, peretele dintre ele se resoarbe și astfel se formează o nouă celulă binucleată cu nuclee haploide. În sfîrșit îndoitura cîrligului se alungește, iar cele două nuclee rămase în celula ascogenă se contopesc, adică are loc *cariogamia*, rezultînd un nucleu diploid. Această celulă zigot cu nucleu diploid reprezintă asca tînără. Din acest nucleu diploid prin trei diviziuni succesive, dintre care una reducțională, se diferențiază 8 ascospori haploizi. Formarea ascosporilor se face prin diviziune liberă și o parte din citoplasma ascei (periplasma) servește la formarea ornamentației sporilor și la eliminarea lor. La cele mai multe ascomicete ascele sînt protejate de o fructificație numită *ascofruct*.

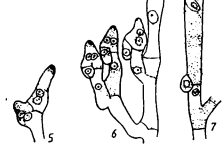



Fig. 219. Formarea ascei la *Pyronema confluens* (*1—6*); 7 — ască matură (d. I. Grințescu).

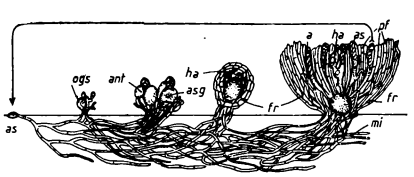
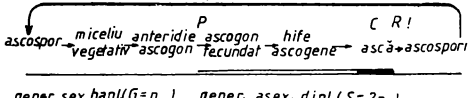



Fig. 220. Dezvoltarea unei cuasomicete începînd cu germinația ascosporului, formarea organelor sexuale și a hifelor ascogene pînă la diferențierea fructificației:
*a* — ască; *ant* — anteridie; *as* — ascospori; *asg* — ascogon; *fr* — fructificație; *ha* — hife ascogene; *mi* — micelliu; *ogs* — organe sexuale; *pf* — parafize (d. I. Grințescu).

Ciclul de dezvoltare al unei ascomicete superioare este redat în fig. 220 și în următoarea schemă:




Din cele de mai sus reiese că la ascomicetele superioare există un *schimb de generații antiletic* în care predomină haplofaza; între haplofază (micelíu primar) și diplofază (celula zigot) se intercalează *dicariofaza*, reprezentată prin hifele ascogene de scurtă durată.

La *Claviceps purpurea* o ascomicetă superioară parazită, ciclul evolutiv este în general asemănător cu cel descris anterior, cu deosebirea că la aceasta se formează și *sclerofi*.

Ciclul evolutiv al acestei ciuperci începe primăvara odată cu germinarea ascosporilor care infestează gineceele gramineelor, îndeosebi secara. Micelíul acoperă ovarul și formează conidii. În locul fructului de secară se formează un sclerot de culoare neagră care este „cornul de secară" (*Secale cornutum*). Sclerotul hibernează în pămînt, iar primăvara germinează dînd naștere fructificațiilor cu peritecíile cufundate în țesutul steril (fig. 221).

După fecundație care are loc între o anteridie și un ascogon în peritecia tînără se formează filamentele ascogene, iar din acestea se diferențiază ascele. Din nucleul diploid al ascei, în urma unei diviziuni reducționale, se formează opt ascospori filiformi.

La ascomicetele inferioare (*Protoascomycetes*) nu există dicariofază, adică nu prezintă hife ascogene, sînt lipsite de ascofruct, iar asca nu este altceva decît zigotul transformat în care se formează ascosporii; ascele se formează libere pe micelíu.

La *Saccharomycetaceae* zigotul se transformă în ască (fig. 222).

În evoluția ascomicetelor se constată o regresiune a organelor sexuale. În general, procesul sexual la ascomicete tinde să se simplifice din ce în ce, trecînd de la amfimixie la somatogamie cînd nu se mai formează organe sexuale și chiar la apogamie.

**Fructificația la ascomicete** numită *ascofruct* este alcătuită dintr-un masiv de hife care formează un plehtenchim. Partea cea mai importantă a unei asemenea fruc-



©PrelAdmin 2013

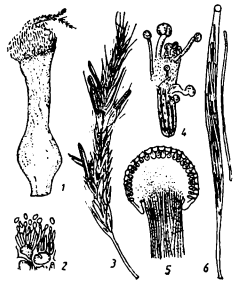


Fig. 221. *Claviceps purpurea:*
*1* — gineceu de secară atacat: jos, început de formare a sclerofilor; deasupra micelliu conidian; sus, resturi din stigmat; *2* — formarea conidiilor; *3* — spic de secară cu sclerofi maturi; *4* — sclerot germinat cu fructificații pedunculate; *5* — secțiune longitudinală prin fructificație cu numeroase peritecii; *6* — ască și ascospor (d. E. Strasburger).

Fig. 222. Formarea ascei la *Schizosaccharomyces octosporus:*
*1* — asociere celulară; *2, 3* — stadii avansate de copulație; *4, 5* — cariogamia; *6* — formarea ascosporilor (d. E. Strasburger).

tificații este stratul fertil numit *strat himenial* (himeniu) alcătuit din *filamente ascogene, asce* și *hife sterile* (parafize).

În general se deosebesc două tipuri de fructificații: *pirenocarpe cu peritecii* (*Podospora*) și *discocarpe* cu *apotecii* (*Peziza, Lachnea*).

**Peritecile** sînt ascofructe complet închise ca la *Erysiphaceae* sau prevăzute cu un orificiu strîmt. Unele peritecii sînt sferice, altele au un gît (*Gnomonia*) sau o prelungire ca un cioc, ca la *Ceratostomella*. O peritecie prezintă un înveliș extern consistent numit *peridie* și o cavitate ocupată de stratul fertil. În interiorul periteciei se formează ascele, fie pe un postament fertil situat la baza periteciei, fie pe toată suprafața peretelui periteciei. În peritecie printre asce se găsesc parafize; acestea se pot afla și în regiunea gîtului periteciei, în care caz se numesc *parafize*. La maturitate peridia periteciei se deschide printr-o crăpătură sau printr-un por (*Podospora*).

**Apotecile** sînt ascofructe larg deschise avînd forma de cupă, taler, pîlnie sau disc pe care se găsește stratul himenial. Ele pot fi pedunculate sau sesile. Apotecile sînt căptușite de un strat himenial sub care se află un strat subhimenial (fig. 223).

— *bazidiosporii* sînt spori obligatori (gonospori) de formă sferică sau eliptică, cu peretele celular îngroșat, rezistent și de culori variate. La bazidiomicetele inferioare bazidiosporii sînt hialini și prezintă peretele celular subțire. Bazidiosporii sînt caracteristici pentru bazidiomicete.

Bazidiosporii care se formează pe promicelii se numesc *sporidii*. La formele *heterotalice* bazidiosporii sînt de sex diferit. Prin germinare bazidiosporii dau naștere unor micelii cu celule mononucleate haploide numite *micelii primare*, care participă ulterior la procesul sexual.

La bazidiomicete lipsesc organele de înmulțire sexuată diferențiate, iar procesul sexual are loc fie pe cale somatogamă, fie pe cale apogamă. Reproducerea sexuată se realizează prin somatogamie. Aceasta are loc între celulele miceliilor primare de scurtă durată și de sex diferit (*Corticium serum*). Prin copularea micelliilor

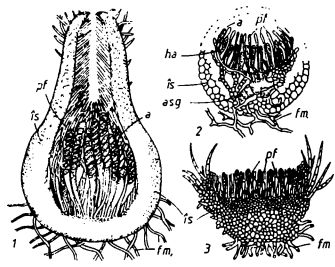



Fig. 223. Peritecie de *Podospora fimiseda* în secțiune longitudinală (*1*); *2* — apotecie tînără de *Peziza sp.*; *3* — apotecie deschisă de *Lachnea pulchernima* cu asce și parafize: *a* — asce; *asg* — ascogon; *fm* — filamente micteliene; *ha* — hife ascogene; *is* — învelișul steril; *pf* — parafize (d. I. Grințescu).

primare are loc plasmogamia; rezultă celulele cu dicarioni, numite *miceliu secundar dicariotic*, de lungă durată.

La formele *homotalice*, celulele cu dicarioni derivă din unirea a două celule vecine din același miceliu prin resorbirea pereților despărțitori. Celulele cu dicarioni se pot forma însă și prin diviziunea nucleului aceleiași celule, atunci cînd după diviziune nu se mai formează un perete separator.

Celulele cu dicarioni formează *micelii secundare* care reprezintă aparatul vegetativ de lungă durată al bazidiomicetelor. Pe acest miceliu se observă că o celulă cu dicarion produce o evaginație laterală *ansă*, ca un cîrlig, îndreptată în jos. Cele două nuclee se apropie de evaginație și se divid în așa fel încît fusul nuclear al unuia intră în evaginație, în timp ce fusul celuilalt se orientează paralel. Înainte de sfîrșitul telofazei, două nuclee fiice se retrag spre vîrful hifei, al treilea se îndreaptă spre baza celulei, iar al patrulea rămîne în ansă. Apoi se formează un perete transversal care separă ansa cu nucleul său, apoi un alt perete care divide celula mamă în două celule: una superioară cu două nuclee și una inferioară cu un nucleu. După aceea vîrful ansei se apropie de celula inferioară, pereții se resorb la locul de contact și nucleul din ansă trece în celula inferioară care devine și ea binucleată. Miceliul binucleat crește mai departe, iar formarea ansei se repetă (fig. 224).

La unele bazidiomicete superioare din miceliul secundar se formează un *miceliu terțiar* sub formă de plehtenchim care constituie organe speciale de diferite tipuri:

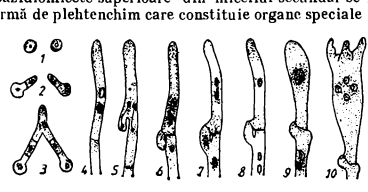



Fig. 224. Formarea bazidiilor la *Armillaria mellea:* *1* — bazidiospori diferiți sexual; *2* — bazidiospori germinînd; *3* — fuziunea a două celule terminale și formarea miceliului secundar cu dicarioni; *4* — celulă terminală cu dicarion; *5* — diviziunea celor două nuclee și începutul formării ansei; *6—8* — faze succesive în formarea ansei; *9* — cariogamia; *10* — bazidie cu 4 nuclee haploide (d. I. Grințescu).



©ProAbaris 2013

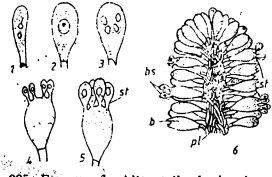



Fig. 225. Formarea bazidiosporilor la *Agaricus (Psalliota) campester:*
*1* — celulă cu dicarion; *2* — formarea unui sincarion; *3* — diviziunea meiotică a sincarionului și formarea a patru bazidiospori (*4*); *5* — bazidie matură; *6* — secțiune într-o lamă; *b* — bazidii: *bs* — bazidiospori; *pl* — plehtenchim; *st* — sterigme (d. I. Grințescu).

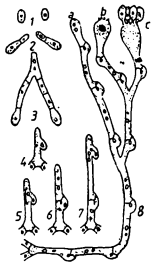



Fig. 226. Schema dezvoltării unei holobazidiomicete:
*1* — bazidiospori diferiți sexual; *2* — germinarea bazidiosporilor; *3* — copulația; *4—6* — formarea primei anse; *7* — formarea anselor următoare; *8* — micelliu dicariotic cu bazidia în formare (*a*), bazidia tînără cu sincarion (*b*) și o bazidie matură cu bazidiospori (*a*) (d. E. Strasburger).

*scleroți, rizomorfe, fructificații* ș.a. În alcătuirea tuturor acestor organe intră atît hife vasculare, cît și hife cu rol mecanic.

Celulele terminale ale stratului himenial se măresc; în ele are loc și cariogamia formîndu-se zigoții care devin *bazidii*. După cariogamie nucleul diploid se divide meiotic rezultînd patru nuclee haploide ale bazidiosporilor. Bazidia este deci și *zeugit* și *gonotocont*. Ulterior pe bazidie se formează mici prelungiri care se diferențiază în *sterigme* și *bazidiospori*. În aceștia din urmă pătrunde cîte unul din cele patru nuclee haploide (fig. 225) și se separă de sterigme prin cîte un perete. Odată cu formarea bazidiosporilor are loc segregarea caracterelor sexuale, astfel că aceștia sînt deosebiți din punct de vedere sexual.

În fig. 226 este reprezentat schematic ciclul de dezvoltare al unei bazidiomicete superioare.

Dacă într-o bazidie se divide numai nucleul diploid fără formarea unui perete despărțitor, atunci bazidia se numește *auto* — sau *holobazidie*. În cazul în care bazidia se divide în mai multe celule (de obicei patru) atunci se formează o bazidie septată sau *fragmobazidie*; fiecare celulă a acesteia formează separat cîte o sterigmă și cîte un spor.

Dacă la diviziunea nucleului diploid al bazidiei axele fusurilor nucleare sînt dispuse paralel cu axa bazidiei, atunci bazidia respectivă este o *stihobazidie*. În cazul cînd fusurile de diviziune sînt perpendiculare pe axa bazidiei, aceasta se numește *chiastobazidie* (fig. 227).

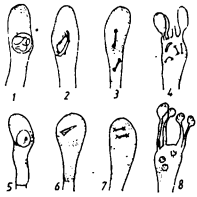



Fig. 227. Formarea holobazidiilor:
*1—4* — formarea unei stihobazidii la *Cantharellus cibarius*: *5—8* — formarea unei chiastobazidii la *Corticium terestre* (d. I. Grințescu).

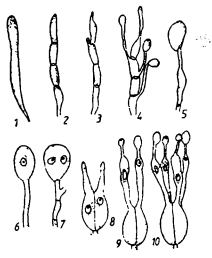


Fig. 228. Formarea bazidiilor:
1—5 — *Auricularia* sp.; 6—10 — *Tremella* sp. (d. I. Grințescu).

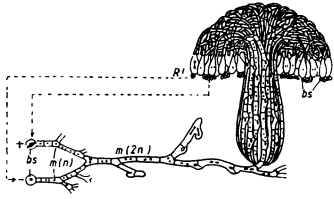



Fig. 229. Ciclul evolutiv al unei bazidiomicete heterotalice:
*bs* — bazidiospori; *m(n)* — miceliu mononucleat; *m(2n)* — micelliu binucleat; *R* — diviziunea reducțională (d. I. Grințescu).

*Fragmostihobazidiile* se mai numesc și bazidii de tip *Auricularia*, spre deosebire de *fragmochiastobazidii* numite și bazidii de tip *Tremella* sp. (fig. 228).

Intuitiv ciclul de dezvoltare al unei bazidiomicete heterotalice este reprezentat prin schema din fig. 229.

Reiese că la cele mai multe bazidiomicete există un schimb de generație antitetic în care predomină dicariofaza. Ținînd seama de originea și modul de formare al bazidiei și ascei, ele sînt organe omoloage; de fapt *bazidia nu este decît o ască ce produce exogen spori*.

**Fructificația la bazidiomicete**. La multe bazidiomicete corpurile sporifere (*bazidiofructele*) se formează din miceliul terțiar care este de fapt un miceliu secundar foarte specializat. Miceliul terțiar este alcătuit de asemenea din celule binucleate, ca și cel secundar însă fructificația bazidiomicetelor aparține dicariofazei, spre deosebire de fructificația ascomicetelor care aparține haplofazei.

*Bazidiofructele* se prezintă sub formă foarte variată. Ele sînt alcătuite dintr-un plehtenchim de hife ale miceliului terțiar din care se diferențiază regiuni fertile denumite *straturi himeniale* (himenii) pe care se formează bazidiile cu bazidiosporii.

În general, fructificațiile cele mai diferențiate și caracteristice ale bazidiomicetelor sînt cele în formă de pălărie (*pileus*) susținută de un picior (*stipes*) (fig. 230). La unele himeniul este situat pe fața inferioară a pălăriei sub formă de lamele dispuse radiar (*Agaricaceae*); la altele himeniul este dispus sub formă de tuburi (*Boletaceae*) (fig. 231) sau pe niște prelungiri în formă de țepi (*Hydnaceae*) (fig. 232).

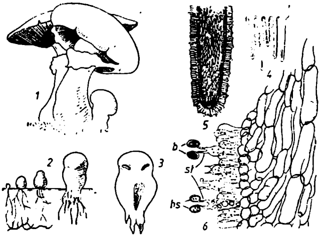



Fig. 230. Fructificații la *Agaricus (Psaliota) campester* (*1*);

**2 — formarea fructificațiilor; 3 — fructificație tînără (secțiune longitudinală): 4 — lame acoperite de himeniu; 5 — lamă mărită; 6 — strat himenial cu bazidii: *b* — bazidii; *bs* — bazidiospori; *st* — sterigme (d. I. Grințescu).**

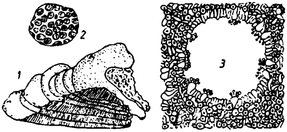



Fig. 231. Secțiune într-o fructificație de *Polyporus igniarius* cu mai multe straturi anuale (*1*):

**2 — porii văzuți pe fața inferioară a fructificației; 3 — por cu stratul himenial (secțiune transversală) (d. I. Grințescu).**

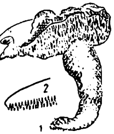



Fig. 232. Fructificație de *Hydnum repandum* cu prelungiri în formă de dinți acoperite de himeniu (*1*);

**2 — secțiune în care se observă forma dinților (d. I. Grințescu).**

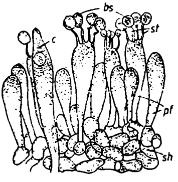



Fig. 233. Himeniu de la *Russula rubra*:

**bs — bazidiospori; c — cistide; *pf* — parafize; *sh* — strat himenial; *st* — sterigme (d. I. Grințescu).**

Himeniul la bazidiomicete este alcătuit din *bazidii* și din organe accesorii sterile: *parafize* și *cistide* (fig. 233). Parafizele pe lîngă rolul de a separa bazidiile, mai au și un rol mecanic în deschiderea învelișului fructificației. Cistidele sînt considerate de majoritatea autorilor ca bazidii nedezvoltate și servesc ca celule de rezervă pentru apă.

La *Agaricaceae* stratul himenial apare liber pe fața inferioară a pălăriei; acest tip de fructificație se numește *gimnocarpă*. La *Boletus* și la multe *Agaricaceae* fructificația tînără prezintă un înveliș numit *velum*. Dacă acest velum învelește complet fructificația atunci el se numește *velum universale*. Pe măsură ce fructificația se dezvoltă, velum-ul se rupe: o parte rămîne ca o teacă la baza piciorului formînd *volva*; cealaltă parte rămîne sub formă de fragmente sau solzi pe suprafața pălăriei. Cînd velum-ul nu acoperă decît himeniul atunci el este fixat de marginea pălăriei și pe

Fig. 234. Secțiuni longitudinale schematice prin fructificația de la *Agaricales:*
*1* — cu velum parțiale; *2* — cu velum universale; în stînga stadiu tînăr, în dreapta stadiu matur: *l* — lame; *rv* — resturi din velum universale; *v* — volvă; *vp* — velum parțiale; *vu* — velum universale (d. E. Strasburger).

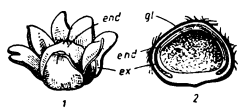



Fig. 235. *Geaster stellatus:*
*1* — fructificație matură cu exoperidie desfăcută; *2* — fructificație tînără (secțiune longitudinală): *end* — endoperidie; *ex* — exoperidie; *gl* — glebă (d. I. Grințescu).

picior, vîrful pălăriei rămînînd neînvelit; acest tip de velum se numește *velum parțiale.*

La unele agaricacee velum-ul parțiale dispare odată cu dezvoltarea bazidiofructelor, însă la unele persistă pînă la maturitatea acestora. Cînd velum-ul parțiale rămîne fixat pe marginea pălăriei se numește *cortină*, iar cînd se rupe, resturile lui rămîn în jurul piciorului sub formă de inel numit *annulus*. Dacă inelul are forma unei pălării răsturnate, se numește *manșetă* (*annulus superus, armilla*), iar dacă inelul seamănă cu o pălărie îndreptată în sus, atunci se numește *annulus inferus.*

La *Amanita muscaria* se află atît un *velum universale* cît și un *velum parțiale.* La alte agaricacee (*Amanitopsis vaginata*) există numai velum universale, iar la *Psaliota campestris* (fig. 234) se găsește numai velum parțiale.

La *Gasteromycetales* corpurile de fructificație sînt foarte variate. La unele himeniul este închis la maturitate într-un înveliș numit *peridie*, format dintr-unul sau mai multe straturi. În interiorul fructificațiilor se află o țesătură sporiferă numită *glebă*, alcătuită dintr-o împletire de hife miceliene dicariotice, delimitînd mici cămăruțe căptușite cu himeniu (fig. 235). La maturitate peridia se deschide printr-o crăpătură sau putrezește odată cu gleba și astfel bazidiosporii sînt puși în libertate. La unele gasteromicete peridia este dublă și numai partea externă a acesteia (*exoperidie*) crapă și se desface în formă de stea, în timp ce *endoperidia* se deschide numai la vîrf printr-un por.

La *Ithyphallus impudicus* corpul de fructificație este învelit de o peridie de asemenea dublă, cu *exo-* și *endoperidie*, iar în interior se află gleba cu un peduncul tubulos central numit *coloană centrală* (receptacul) spongios, înconjurat de cămăruțe himenofore.

La maturitate coloana centrală crește și se alungește considerabil, sparge peridia care se rupe neregulat și rămîne la bază, în timp ce gleba este ridicată în vîrful său.

— *picnosporii* (*picnidioconidii* = picnidiospori) sînt spori facultativi haploizi considerați drept conidii reduse. În general picnosporii sînt foarte mici și uneori au forma unor bastonașe, alteori sînt sferici sau ovali. Ei se formează totdeauna pe micelii primare mononucleate în cavități plehtenchimatice numite *picnidii* (fig. 236) situate pe suprafața superioară a frunzelor plantei atacate. Ei germinează destul de greu și intervin în ciclul evolutiv al unor bazidiomicete parazite ca *Puccinia graminis* (fig. 237).



CarteAdnre 2013

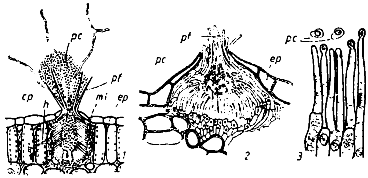



Fig. 236. Picnidie de la *Puccinia graminis* pe frunză de *Berberis* sp. (*1*);
*2* — picnidie de la *Gymnosporangium clavariaeforme* pe frunză de *Crataegus* sp.; *3* — formarea picnosporilor la *Peridermium strobi*; *cp* — celule palisadice cu haustori (*h*); *ep* — epidermă; *mi* — miceliu intercelular; *pc* — picnospori; *pf* — parafize (d. E. Strasburger).

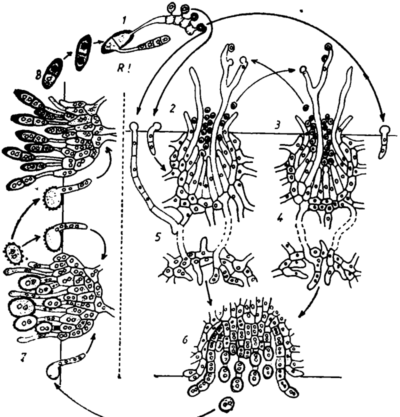



Fig. 237. Ciclul de dezvoltare la *Puccinia graminis:*
*1* — probazidie cu bazidiospori; *2, 3* — germinarea bazidiosporilor şi formarea picnidiilor cu picnospori pe frunza de *Berberis*; 4, 5 — formarea micelului secundar şi a primordiilor ecidiene; 6 — ecidie cu ecidiospori; 7 — germinarea ecidiosporilor şi formarea uredosorilor cu uredospori; 8 — formarea teleutosporilor şi germinarea lor; R — diviziunea reducţională (d. Braune şi colab.).

— *ecidiosporii* sînt spori obligatori unicelulari dicariotici, diplospori caracteristici uredinalelor. Forma lor este în general sferică, cu peretele celular îngroşat, adesea echinulat; sînt incolori sau roşu gălbui. Ecidiosporii se formează în cavităţi plehtenchimatice numite *ecidii*, situate sub epiderma inferioară a frunzelor plantelor gazdă (v. fig. 237).

Ecidia, de forma unui mic coşuleţ, prezintă un înveliş numit *peridie*. La baza ecidiei tinere hifele miceliene formează ca o împletitură, ale căror extremităţi sînt dispuse în palisadă. Între două celule învecinate uninucleate ale acestor hife are loc plasmogamia în urma căreia rezultă o celulă binucleată. Aceasta se divide într-o celulă mai mică binucleată, terminală, sterilă şi una subterminală fertilă care este celula mamă a ecidiosporilor. Acest fenomen se repetă şi prin diviziune continuă a celulelor mame ale ecidiosporilor rezultă un lanţ de ecidiospori, separaţi prin celulele intercalate.

Formarea ecidiosporilor începe întotdeauna de la centrul ecidiei spre margine.

Ecidiosporii sînt binucleaţi şi formarea lor este precedată totdeauna de somatogamie.

— *uredosporii* caracterizează uredinalele şi sînt în general facultativi (uredogonidii), dar uneori sînt obligatori (uredospori). Ei prezintă un perete celular îngroşat, prevăzut de obicei cu spini mici sau cu verucozităţi, cu pori de germinaţie; sînt pedunculaţi sau sesili. Uredosporii sînt totdeauna binucleaţi şi se formează pe micelii binucleate rezultate din germinarea ecidiosporilor.

— *teleutosporii* sînt spori obligatori caracteristici uredinalelor. Ei se formează în teleutospori şi pot fi sesili sau pedunculaţi, uni- sau pluricelulari, cu peretele celular gros, prevăzut cu diferite ornamentaţii (verucozităţi, creste, îngroşări). Teleutosporii sînt spori de rezistenţă numiţi şi spori de iarnă; cei tineri sînt formaţi din celule binucleate (dicarion), iar cei bătrîni din celule cu un nucleu diploid. Ca să germineze teleutosporii trebuie să treacă printr-o perioadă de repaus în timpul iernii. Primăvara în celulele teleutosporilor are loc cariogamia cu care se încheie procesul sexual, rezultînd celule diploide de scurtă durată. Acestea germinează imediat şi din fiecare celulă rezultă un promiceliu septat care reprezintă epibazidia (probazidia) fragmentată (v. fig. 237). Nucleul diploid se divide meiotic rezultînd 4 nuclee haploide din care se vor forma 4 bazidiospori pe o bazidie fragmentată. Teleutosporii se formează pe hife binucleate alcătuind *sori* şi mai rar pe hife mononucleate, în care caz ei se diferenţiază la fel cu ecidiosporii (*Chrysomixa abietis*).

— *clamidosporii* sînt spori obligatori (tocospori) caracteristici ustilaginalelor. Ei sînt organe de rezistenţă şi de propagare şi sînt grupaţi totdeauna în sori. Aceştia se formează pe diferite organe ale plantelor.

Clamidosporii au peretele celular gros format din două straturi: unul extern brun- *epispor* (exospor) — neted sau prevăzut cu diferite ornamentaţii şi unul intern — *endospor* — subţire.

Clamidosporii se formează totdeauna pe miceliul dicariotic în faza parazită şi cînd sînt tineri conţin şi ei un dicarion. Cariogamia are loc în cursul dezvoltării lor, ei fiind deci zeugiţi. Din germinarea clamidosporilor rezultă un filament germinativ numit *promiceliu* (epibazidie). Nucleul diploid migrează din clamidospor în promiceliu unde se divide reducţional dînd naştere la 4 nuclee haploide, între care se formează apoi pereţi transversali formînd fragmobazidia care va genera bazidiosporii (fig. 238). Alteori nucleul diploid se divide deja în clamidospor formînd două nuclee: unul trece în promiceliu unde se divide din nou, nucleele noi fiind separate prin cîte un perete celular — şi celula terminală a promiceliului se poate divide din nou, încît promiceliul devine tricelular. În acest caz nu se formează bazidiospori, dar celulele promiceliului se divid, cresc lateral şi terminal formînd un miceliu conidial.

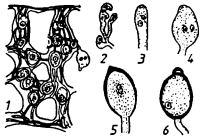



Fig. 238. Formarea clamidosporilor la *Enthyloma glauca:*
*1* — fragment din țesutul dezorganizat al plantei gazdă; *2* — fecundația la *Enthyloma nymphaeae;* 3, *4* — clamidospori tineri cu dicarioni; *5* — cariogamie; *6* — clamidospor matur (d. I. Grințescu).

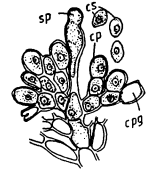



Fig. 239. Tal de *Batrachospermum moniliforme:*
*cp* — carposporangi plini cu carpospori; *cpg* — carposporange golit; *cs* — carpospori (d. I. Grințescu).

— *rodosporii* sînt spori caracteristici rodofitelor. Ei se prezintă sub formă de *carpospori, tetraspori* și *monospori.*

*Carposporii* sînt spori obligatori și pot fi haplo- sau diplospori. Ei sînt în general sferici; la început sînt nuzi, iar mai tîrziu prezintă un înveliș subțire (fig. 239). După ce devin liberi ei germinează imediat dînd naștere unui nou tal.

La florideele haplobionte (*Nemalionales*) dintr-un carpospor ia naștere talul gametofitului pe care se formează gametociști: carpogoane (♀) și spermatociști sau anteridii (♂). În spermatociști se diferențiază *spermatii* care fecundează oosfera din carpogon. După fecundație nucleul diploid al acestuia suferă o diviziune meiotică, astfel că din carpogon iau naștere filamente pluricelulare numite *gonimoblaste.* Acestea constituie o tufă de filamente ramificate ca o masă globuloasă ale căror celule terminale se transformă în *carposporocişti* în care se formează *carposporii.* Aceștia generează un nou tal gametofitic. Deci la aceste alge numai zigotul (carpogonul fecundat) este diploid.

La florideele haplodiplobionte (*Ceramiales*) carposporul dă naștere unui tal diploid — tetrasporofitul — pe care se formează *tetrasporocistii* (tetrasporangii). În aceștia se diferențiază *tetraspori* (aplanospori) în urma meiozei. Dintr-un tetraspor ia naștere talul gematofitului pe care se formează carpospori asemănători cu carposporii florideelor haplobionte. Deosebirea esențială față de acestea constă în faptul ca la florideele haplodiplobionte meioza nu are loc în zigot și de aceea gonimoblastele sînt și ele diploide.

*Monosporii* sînt spori facultativi caracteristici unor rodofite ca *Porphyra.* Ei se formează prin transformarea directă a conținutului unei celule vegetative într-un *monospor,* care la început fiind nud prezintă mișcări ameboide. Apoi își formează un înveliș celular și se fixează de substrat generînd un filament ce se va transforma într-un nou tal lamelar de *Porphyra.*

În ceea ce privește organele de reproducere sexuată, la rodoficee spermatociștii sînt unicelulari și se diferențiază din celulele terminale ale unei ramuri (fig. 240). La rodoficeele cu tal frondiform spermatociștii iau naștere în cîte o celulă superficială formînd un *sor.* La alte rodofite sorii anteridiali pot avea forma de pernuțe, măciulii sau de mănunchiuri, iar la *Corallinaceae* ș.a. spermatociștii sînt situați în conceptacule.

În general spermatiile se formează cîte una într-un spermatocist și sînt lipsite de înveliș și flageli, încît ele se deplasează pasiv, ameboidal sau sînt purtate de curenții de apă la organul feminin.



CărtiAdobe 2013

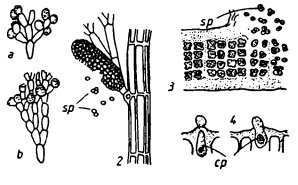



Fig. 240. Tal de *Batrachospermum moniliforme* cu spermatocişti unicelulari (*1 a*; *1 b* — spermatocişti cu cîte o spermatie);
*2* — *Polysiphonia rhunensis* cu spermatocişti unicelulari grupaţi în sori; *3* — spermatocişti deschişi la *Porphyra laciniata*; *4* — *Erythrotrichia obscura* — carpogoane unicelulare pe cale de a fi fecundate: *cp* — carpogoane; *sp* — spermatii (d. I. Grinţescu).

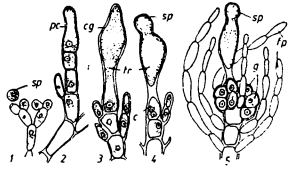



Fig. 241. *Batrachospermum monliforme:*
*1* — fragment de tal cu *4* spermatocişti, la stînga o spermatie izolată; *2* — primordiul carpogonului; *3* — carpogon matur cu trihogin; *4* — carpogon după fecundarea de către spermatie; la bază copularea nucleelor sexuale; *5* — filamente sporogene (gonimoblaste) cu filamente protectoare: *c* — cariogamie; *cg* — carpogon; *fp* — filamente protectoare; *g* — gonimoblaste; *pc* — primordiul carpogonului; *sp* — spermatii; *tr* — trihogin (d. E. Strasburger).

Organul sexual feminin denumit *carpogon*, în cazurile cele mai simple, este format dintr-o celulă vegetativă diferenţiată (*Bangiales*, fig. 241). Asemenea celule se formează deobicei la extremitatea filamentelor talului purtătoare de carpogoane. Se deosebesc două cazuri:

a) carpogonul poate fi unicelular avînd forma unei butelii cu o parte ventrală mai umflată numită *trihofor* care se termină printr-o prelungire denumită *trihogin* foarte bogat în plasmă (*Nemalionales*).

Conţinutul carpogonului îl reprezintă însăşi oosfera. În general carpogonul se formează la extremitatea unui filament numit *ram carpogonial*.

b) În alte cazuri o celulă alăturată carpogonului numită *celulă auxiliară* se leagă de ramul carpogonial şi această formaţiune pluricelulară se numeşte *procarp* (gr. *pro-*; *karpos-*) (unele *Ceramiales*).

Dacă procarpiul este format din carpogon şi din celulele mame ale celulelor auxiliare, atunci acestea din urmă se dezvoltă numai după fecundaţie (unele *Rhodymeniales*).

La *Cryptonemiales* celulele auxiliare sînt repartizate neregulat în tal, nu sînt în apropierea carpogonului şi nu vin în contact cu acesta decît după fecundaţie.

**Fecundaţia**. Spermatiile duse de curenţii de apă plutesc, ajung pe trihogin, se lipesc de el şi se contopesc apoi cu conţinutul carpogonului. După fecundaţie trihoginul se atrofiază, iar partea ventrală a carpogonului se închide cu un dop de gelatină. Zigotul format (oosporul) se dezvoltă diferit de la o grupă la alta de rodofite.

a) carpogonul simplu fecundat se numeşte *sporocarp*. Nucleul diploid al acestuia se divide imediat reducţional şi apoi normal dînd naştere la unul sau mai mulţi spori (pînă la 32) numiţi *carpospori* (*Bangiales*, *Porphyra*).

b) în cazul cînd la baza carpogonului fecundat se dezvoltă filamente scurte numite *fire sporogene* sau *gonimoblaste*, atunci întreaga formaţiune alcătuieşte o *glomerulă* (*Nemalionales*) (fig. 242). Carposporii se formează cîte unul fie în toate celulele, fie numai în celulele terminale ale unui gonimoblast.

c) la alte floridee ca *Gigartinales*, *Ceramiales* şi *Rhodymeniales* carpogonul fecundat fuzionează fie direct, fie printr-o prelungire filiformă unicelulară numită

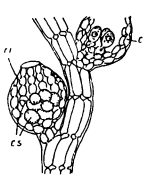



Fig. 242. Formarea cistocarpului la *Polysiphonia sertulariotides:*
ci — cistocarp; cs — carpospori (d. I. Grințescu).

*prelungire ooblastemică*, cu o celulă auxiliară. Această contopire plasmatică nu are decît un rol nutritiv, deoarece celulele fuzionate rămîn separate. Din produsul celulelor fuzionate rezultă prin diviziune *o celulă centrală* și *o celulă stil*. Prima dă naștere direct carposporilor sau formează în prealabil gonimoblaste.

d) la *Cryptonemiales* fenomenele au loc ca și în cazul anterior cu deosebirea că din celula centrală iau naștere *filamente ooblastemice* lungi, care cresc îndreptîndu-se spre celulele auxiliare îndepărtate. Odată ajunse la acestea fuzionează cu ele, iar din celula rezultată iau naștere *celulele centrale secundare* și *celulele stil*. Celulele centrale secundare dau naștere direct carposporilor sau formează în prealabil gonimoblaste. În alte cazuri se formează din nou filamente ooblastemice care vor fuziona cu alte celule auxiliare.

Deseori la rodofite se formează un înveliș de țesuturi sterile în jurul părților sporogene numit *cistocarp*.

— *briosporii* sînt spori obligatori (gonospori) caracteristici briofitelor. Briosporii au o formă sferică sau tetraedrică și sînt totdeauna unicelulari. Ei prezintă un înveliș alcătuit din două zone: una externă groasă, colorată și de obicei prevăzută cu ornamentații numită *exospor*; alta internă, subțire și celulozică — *endospor* (*intina*). Exosporul este de multe ori format din 2 straturi: unul extern — *perinium* și altul intern — *exina*. În interiorul briosporului în protoplasmă se află substanțe de rezervă, un nucleu haploid și un cloroplast. Prin germinare el dă naștere unui tal filamentos, uneori lamelar, numit *protonemă*, care reprezintă prima fază a gametofitului. Pe protonemă se formează „mușchiul", adică a doua fază a gametofitului iar pe acesta se diferențiază organele sexuale: anteridiile și arhegoanele. După fecundație se dezvoltă generația asexuată sau sporofitul. Acesta începe cu zigotul care se dezvoltă și dă naștere sporogonului în care se formează în final *briosporii* (meiosporii).

— *pteridosporii* sînt spori obligatori (gonospori) caracteristici pteridofitelor sau criptogamelor vasculare.

Pteridosporii au în general forma sferică, eliptică, tetraedrică sau reniformă; simetria lor este radială sau bilaterală, după cum celula mamă din care provin se divide tetraedric sau formează patru cvadranți. Învelișul pteridosporilor este alcătuit, în general dintr-un *exospor* (exină) cutinizat și dintr-un *endospor* (intină) de natură celulozică. În multe cazuri pe exospor se mai formează un *perispor*. Exosporul prezintă uneori ornamentații proprii, însă alteori acestea aparțin perisporului.

La pteridofitele isospore sporii sînt toți asemănători, în timp ce la pteridofitele heterospore se deosebesc *micro-* și *macrospori*. Din punct de vedere sexual aceștia se deosebesc unii de alții.

După germinație pteridosporul dă naștere unui protal pe care se formează organele de reproducere sexuată. După fecundație zigotul nu se desprinde de protal, ci crește și se transformă într-un embrion din care se dezvoltă o plantulă,



CărtiAzi 2019

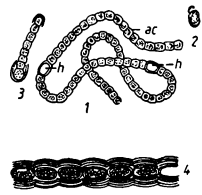



Fig. 243. Formarea achineţilor (artrosporilor).
*1 — Nostoc linckii; 2, 3 —* achineţi germinînd; *4 — Ulothrix* sp.: *ac —* achineţi; *h —* heterocişti (d. I. Grinţescu).

adică un sporofit tînăr. Pe sporofit se formează *sporangii*, iar în sporangi, în urma meiozei se formează sporii (pteridosporii).

— *achineţii* sau *hipnociştii* sau *artrosporii* sînt spori facultativi ai cianoficeelor şi cloroficeelor. În general ei se formează printr-o transformare a unor celule vegetative din tal prin îngroşarea peretelui celulelor fără ca protoplastul să se retragă sau să se separe de perete. Spre deosebire de celulele vegetative, aceşti spori prezintă peretele celular îngroşat, sînt coloraţi şi conţin substanţe de rezervă. De obicei achineţii sînt spori rezistenţi care se eliberează prin gelificarea pereţilor celulelor în care s-au format. În condiţii favorabile achineţii germinează dînd naştere direct sau indirect unui nou tal (fig. 243).

— *hipnosporii* sau *aplanogonidiile* sînt numiţi adesea şi *autospori*, *aplanospori* sau *endospori*. Ei sînt în general spori facultativi caracteristici schizomicetelor şi cloroficeelor. Hipnosporii au forma aproape sferică, prezintă un înveliş gros şi sînt foarte rezistenţi. În unele cazuri ei îşi păstrează facultatea germinativă timp de mai mulţi ani fiind rezistenţi chiar şi la temperaturi de 100°—144°C (*Bacillus subtilis*).

Hipnosporii se diferenţiază în celulele vegetative ale talului prin desprinderea protoplasmei de pe peretele celulei mame şi prin formarea unui nou înveliş celular mai gros. Ei sînt puşi în libertate prin ruperea sau prin gelificarea pereţilor celulari vechi. În mod asemănător iau naştere şi *autosporii* la *Chlorella* (fig. 244), *Scenedesmus*, *Chaelophora*, *Draparnaldia* ş.a., cu deosebirea că la acestea ei se formează printr-o diviziune simultană a conţinutului celular în 2—4 celule sau într-un multiplu de patru. Autosporii se eliberează prin ruperea sau gelificarea pereţilor celulelor în care s-au format. Ei sînt consideraţi ca „zoospori" deveniţi imobili. Prin germinare ei dau naştere direct sau indirect unui nou tal.

— *„palmelosporii"* numiţi şi *palmele* sînt spori facultativi mici, sferici şi prevăzuţi cu cîte un înveliş gros şi gelificat. Aceştia iau naştere prin divizarea conţinutului unei celule: celulele fiice se rotunjesc, pereţii lor se gelifică însă rămîn împreună formînd grupe gelatinoase. Prin lichefierea învelişului gelatinos palmelo-

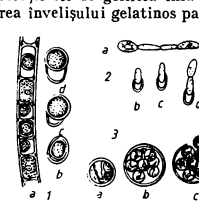



Fig. 244. Formarea aplanosporilor şi germinarea lor: *1 a — Microspora wittrockii; 2 a — Clostridium amylobacter; b—d —* germinarea; *3 a — Chlorella vulgaris: b —* formarea; *c —* punerea aplanosporilor în libertate (d. I. Grinţescu).

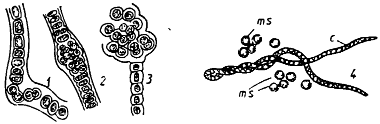



Fig. 245. Formarea „palmelosporilor" la *Ulothrix mucosa* (*1*, *3*); *4* — mixospori de *Trichia varia*; *c* — fibră de capilițiu; *ms* — mixospori (d. I. Grințescu).

sporii sînt puși în libertate și dau naștere direct sau indirect la zoogonidii; alteori, din fiecare palmelospor rezultă un nou tal.

— *mixosporii* sînt spori obligatori caracteristici mixomicetelor. Ei au o formă sferică, prezintă un înveliș gros, colorat. La *Endosporeae* sînt mononucleari, iar la *Exosporeae*, plurinucleari. Prin germinare mixosporul dă naștere unei *mixomonade* (zoogonidie) care pierzînd flagelul se transformă într-o *mixamoebă*; din unirea a două mixamoebe rezultă un zigot. Prin fuziunea mai multor zigoți se formează un *plasmodiu* în care nucleele continuă să se dividă; pe plasmodiu se formează corpuri *sporifere (Myxogasteres — Endosporeae)*. Aceștia prezintă un strat extern rezistent — *peridie* — și uneori și o *columelă* centrală. Mixosporii se formează în urma unei diviziuni reducționale și sînt haploizi. În unele cazuri, în afară de mixospori, se formează și un *capilițiu* care constă din *elatere*, filamente subțiri și elastice, cu rol în diseminarea sporilor (fig. 245).

— *heterociștii* sînt spori facultativi care iau naștere din celule vegetative. Peretele gălbui sau verzui este gros, iar conținutul omogen sau membranar. Se deosebesc de celulele vegetative ale aceluiași tal prin dimensiunile lor mai mari. Heterociștii se formează la una din extremitățile talului (*Rivularia* sp.) sau intercalar. În cazuri rare heterociștii germinează. La nivelul heterociștilor talul filamentos se rupe în fragmente numite *hormogoane*. Heterociștii au rol în fixarea azotului, ei sînt caracteristici cianoficeelor.

— *auxosporii*. În cazul înmulțirii diatomeelor prin diviziune celulară repetată, indivizii rezultați se micșorează progresiv devenind foarte mici. Un asemenea individ după ce a atins o dimensiune limită va da naștere unui „auxospor" de la care, după prima diviziune celulară sau înainte de aceasta, carapacea se deschide și protoplasma iese afară complet sau parțial. Acest conținut celular se mărește apoi formîndu-și un nou perete celular numit „*perizoniu*". După scurt timp auxosporul își formează sub perizoniu o nouă carapace silicioasă și crește, prin intermediul auxosporilor ajungîndu-se la dimensiunile inițiale ale indivizilor.

În acest caz auxosporul se formează direct dintr-o celulă vegetativă și este numit *auxospor vegetativ*. Acest proces reprezintă numai o reîntinerire, nu și o reproducere.

Auxosporul se poate forma și în urma reproducerii — amfimixiei — și acesta este un *auxozigot* (auxozigospor) din care rezultă noi indivizi.

— *ciștii* se formează prin inchistarea indivizilor unicelulari ca la flagelate. Cînd are loc închistarea flagelii se retrag, iar protoplastul se contractă și se înconjoară cu un perete nou și rezistent. Vechiul perete celular se menține cîtva timp și apoi se rupe. În numeroase cazuri ciștii se divid prin sporulație. Prin germinare un cist poate da naștere la mai mulți indivizi (*Euglena*) sau cistul poate pune în libertate numai un singur individ (*Monas*).

— *propagule unicelulare* sînt spori facultativi care se întîlnesc la rodofite și briofite. La rodofite celulele unor ramuri tinere exceptînd celula terminală, se

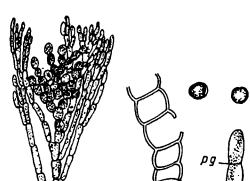



Fig. 246. Fragment de tal cu propagule unicelulare la *Setrospora* sp. (*1*);
*2* — formarea partenociștilor la *Ulotrix zonata*: *p* — partenociști; *pg* — pertenocist germinat (d. I. Grințescu).

măresc, acumulează substanțe de rezervă și se înconjoară cu un înveliș rezistent, devenind propagule. Prin ruperea „lanțului" de propagule acestea devin libere. Germinația propagulelor are loc după ce conținutul protoplasmatic a ieșit din înveliș și germinînd dau naștere unui nou tal (fig. 246).

La briofite propagulele unicelulare sînt celule specializate care la unele specii se formează la vîrful gametofitului, pe frunzișoare sau chiar pe rizoizi. Ele se desprind de pe gametofit și divizîndu-se generează un nou gametofit.

— *azigociștii* (*partenociști*, numiți impropriu și partenospori) și *efebociștii* sînt gameți masculini sau feminini care se dezvoltă fără fecundație. De aceea ei pierd flagelii, se rotunjesc și se înconjoară cu un perete celular. După formare ei pot rămîne un timp oarecare în repaus.

## 4.4. Reproducerea sexuată (Amfigonia)

Procesele în care are loc contopirea a doi gameți de sex diferit rezultînd un zigot cu detașarea zigoților ca atare sau după ce au ajuns la un stadiu de dezvoltare mai avansat constituie *reproducerea sexuată* denumită și *amfigonie* (gr. *amphi-*; *gonos-*).

Celulele care se contopesc în procesul sexual se numesc *gameți* sau *gameciți* (gr. *gametes* = soț, soție; *kystis-*). În mod normal un gamet nu se poate dezvolta mai departe independent.

Gameții, care din punct de vedere morfologic, sînt la fel se numesc *izogameți* (gr. *isos-*; *gametes-*), iar cînd sînt diferiți ca aspect sînt *heterogameți* (gr. *heteros-*) și anume *andro* (♂) și *gino* (♀) — gameți. După nomenclatura veche gameții ♂ și ♀ sînt cunoscuți și sub denumirea de *micro-* și *macrogameți* (gr. *aner*, *andros* = bărbat; *gyne* = femeie; *makros-*; *mikros-*). Cînd gameții sînt specializați cei masculini se numesc *anterozoizi* sau *spermatozoizi* (gr. *antheros* — ceea ce înflorește; *zoidios* — de forma unui animal; *sperma* — sămînță) și cei feminini — *oosfera* (gr. *oon* = ou; *sphaire* = sferă). Deși izogameții au aceeași formă și mărime, ei se deosebesc fiziologic, unii fiind masculini și alții feminini. Se presupune că la plantele primitive nu existau decît izogameți, iar diferențierea în andro- și ginogameți a avut loc ulterior. Gameții mobili se numesc *planogameți* (gr. *planos* = a pribegi; *gametes-*), iar imobili — *aplanogameți*. Dacă la formarea unui gamet participă toată celula, se numește *hologamet* (gr. *holos* = întreg; *gametes-*). În cazul cînd în interiorul unei celule se formează mai mulți gameți, aceștia se numesc *merogameți* (gr. *meros-*; *gametes-*).

Celulele mame care dau naștere gameților se numesc *gametociți*, iar organul în care se formează aceștia este un *gametocist* (gametange gr. *gameles-*; *kystis-*).



CarteaStudentului 2013

În cazul anizogamiei organele în care se formează *gino-* (macro) *gameții* se numesc *gino-* (macro) *gametocişti* (gametangii) sau *oogoane* (gr. *oon-*; *goneis* — zămislire), iar cele în care se formează *andro-* (micro) gameții se numesc *andro-* (micro) *gametocişti*, *spermatocişti* sau *anteridii* (gr. *antheros-*; *eidos-*).

De obicei gameții sînt haploizi (n). Dacă se formează direct din celule diploide (2 n), atunci ei rezultă în urma unei diviziuni meiotice (*Pennatae*); cînd gameții se diferențiază din celule haploide la formarea lor are loc o diviziune ecvațională (*Bryophyta* ş.a.).

Celula diploidă (2 n) rezultată în urma contopirii a doi gameți se numește *celulă ou* sau *zigot* (gr. *zygon* = jug, pereche).

Zigotul este singurul germen sexuat unicelular şi în anumite cazuri el se mai numește *oocist* sau *zigocist*, iar după terminologia veche: *oospor* sau *zigospor*. Atît oociştii, cît şi zigociştii sînt prevăzuți de obicei cu învelişuri rezistente.

După cum însuşirile ereditare ale celor doi gameți care se contopesc sînt asemănătoare sau nu, va lua naştere un *homozigot* sau *heterozigot*.

Procesul contopirii a doi gameți se numește *fecundație*; ea comportă două etape: contopirea plasmei gameților, adică *plasmogamia* (gr. *plasma* = modelare; *gamos* = căsătorie) şi contopirea nucleelor gameților sau *cariogamia* (*karyon-*; *gamos-*). Nucleul rezultat după cariogamie se numește *sincarion* (gr. *syn-*; *karyon-*). Dacă după plasmogamie nu are loc imediat cariogamia, atunci cele două nuclee haploide separate în zigot formează un *dicarion*. Celula în care vor fuziona mai tîrziu nucleele dicarionului se numește *zeugit* (gr. *zeugites* = reunit, ceea ce e împerecheat).

În general, cariogamia este urmată de o diviziune reducțională, astfel că numărul diploid al cromozomilor se reduce la jumătate. O asemenea diviziune este absolut necesară după cariogamie, întrucît numai în felul acesta se poate menține numărul constant al cromozomilor caracteristic fiecărei specii.

Reiese deci că esența fecundației este cariogamia urmată de diviziunea reducțională, ca o consecință firească. Deoarece în procesul cariogamiei are loc şi o combinare a caracterelor ereditare, acest fenomen a fost numit şi *amfimixie* şi acest „amestec" de substanțe nucleare cu însuşiri ereditare diferite, constituie fenomenul biologic cel mai important în procesul fecundației.

### 4.4.1. Reproducerea sexuată prin unirea gameților liberi

Reproducerea prin *izogamie* constă în contopirea a doi gameți asemănători din punct de vedere morfologic, dar diferențiați fiziologic. Izogamia cu gameți liberi se întîlnește la flagelate, diatomee, clorofícee, feoficee, ficomicete (*Archimycetae*).

Gameții sînt în general *planogameți*; ei iau naştere printr-o diviziune simultană a conținutului celular (*merogameți*). În unele cazuri un gamet se poate forma printr-o simplă transformare a unei celule vegetative (*hologamet*). Forma gameților este de obicei elipsoidală, alungită sau piriformă, cu partea anterioară hialină şi prezintă în general doi flageli. În citoplasmă se află un nucleu, o vacuolă pulsatilă şi o pată ocular roşie numită *ocellum*. În general, planogameții se aseamănă foarte mult cu zoogonidiile.

Celulele în care se diferențiază gameții pot fi asemănătoare cu celulele vegetative sau uneori sînt celule modificate numite *gametocişti* (gametangii); aceştia pot fi *uni* sau *pluricelulari*. Din unirea a doi gameți rezultă un *zigot* care, dacă germinează imediat, prezintă un înveliş subțire. Zigotul înconjurat de un înveliş gros, care germinează mai tîrziu se numește *zigocist*.



CC-BY-SA 2013

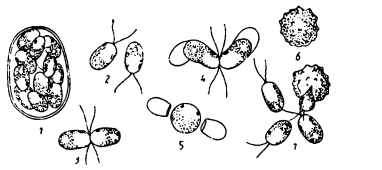


Fig. 247. Izogamia la *Chlamydomonas reticulata:*
*1* — gametocist; *2* — gameți liberi; *3, 4* — primele etape ale fuziunii gameților; *5* — zigotul abia format; *6* — zigocist; *7* — germinarea zigocistului (d. I. Grințescu).

La început zigotul este verde, iar mai tîrziu devine brun-gălbui datorită substanțelor de rezervă pe care le conține. Prin germinare, zigotul inaugurează faza diploidă, sporofitică.

La *Chlamydomonas reticulata* (flagelate) zigotul prin germinare, în urma unei meioze, dă naștere la 4 indivizi identici. Fiecare individ poate deveni un gametocist (fig. 247), izogameții fiind puși în libertate prin ruperea învelișului acestuia.

La *Cylindrocystis brebisonii* (*Conjugatae*) se formează *aplano-izo-hologameți*, iar zigotul germinînd generează, în urma unei meioze, patru noi indivizi.

La *Draparnaldia* sp. o altă algă verde se formează *plano-izo-merogameți* numiți impropriu „microzoospori". Acești gameți sînt considerați din punct de vedere morfologic, ca forme intermediare între zoogonidii și planogameți.

La *Ulothrix* atît gameții masculini cît și cei feminini se dezvoltă pe indivizi diferiți, adică este o heterecie (gr. *heteros-*; *oikos-*) cu *plano-izo-merogameți*. În momentul copulației gameții se ating cu partea anterioară hialină și apoi se alipesc lateral formîndu-se zigotul care rămîne cîtva timp în repaus. În condiții favorabile de germinare el va da naștere *aplanosporilor* care vor forma cîte un tal filamentos (fig. 248).

La *Cladophora* sp. reproducerea sexuată se face tot prin izogamie, însă la aceasta are loc un schimb de generații antitetic, cu excepția speciei *C. glomerata*, care fiind diplobiont pur, nu prezintă schimb de generații. În general la *Cladophora* gameții se formează pe haplobionți, iar zoosporii pe diplobionți. Din zigocist ia naștere sporofitul care nu se deosebește de gametofit decît prin faptul că este diplobiont. Pe sporofit se diferențiază zoosporii în urma unei meioze în care are loc și

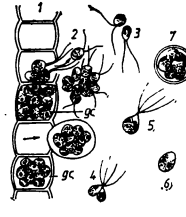


Fig. 248. Filament de *Ulothrix zonata:*
*1* — gametocist (gc); *2* — 2 gameți părăsind gametocistil; *3* — izogameți ; *4* — fuziunea lor; *5* — zigotul tetraflagelat; *6* — zigot; *7* — germinarea zigotului (d. I. Grințescu).

Fig. 249. *Cladophora glomerata:*
*1* — habitus; *2* — fragment de tal haplobiont: izogameții ies din gametocist; în celelalte celule, izogameți în formare; *3* — patru izogameți (mult măriți) (d. I. Grințescu).

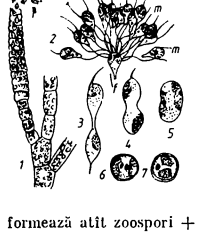


Fig. 250. *Ectocarpus siliculosus:*
*1* — gametocist deschis; *2* — gamet feminin (A) fixat și înconjurat de gameți masculini (B); *3* — fecundația; *4—6* — etape ale fecundației; *7* — zigot în repaus (d. I. Grințescu).

determinarea genotipică a sexelor. La *Cladophora* se formează atît zoospori + cît și zoospori —, ceea ce face ca gametofitul să fie *heterecic* (fig. 249).

Dintre ciuperci, *Olpidium viciae* (archimicete) este *sinecic* cu *plano- izogameți*, deoarece gameții se diferențiază pe același individ.

La unele feoficee are loc de asemenea o izogamie; la *Ectocarpus siliculosus* gametociștii se formează pe ramurile laterale ale talului care se divid prin pereți transversali formînd discuri suprapuse. Fiecare disc se divide apoi prin pereți longitudinali în mai multe celule, în fiecare celulă formîndu-se cîte un gamet. Gameții se mișcă cîtva timp și apoi se fixează cu flagelii. Ulterior mai mulți gameți masculini se adună în jurul unui gamet feminin după care urmează fecundația (fig. 250).

*Anizogamia*. Se realizează între gameți liberi la unele cloroficee și unele feofite, precum și la *Allomyces* dintre ficomicete. Este interesant faptul că la aceste plante se întîlnesc atît forme de trecere de la zoogonidii la gameți (*Protosiphon*, *Trentepohlia*, *Draparnaldia* ș.a.), cît și forme de trecere de la izogamie tipică pînă la anizogamie avansată (oogamie).

În urma contopirii anizogameților se formează *zigocişti*, iar în cazul oogamiei rezultă *oocişti*. Aceştia sînt rezistenți și conțin substanțe de rezervă. La început oociștii sînt verzi și mai tîrziu devin brun-roșietici. Prin germinare ei dau naștere direct sau indirect la noi taluri.

Un exemplu tipic de anizogamie se întîlnește la *Chlamydomonas braunii* (fig. 251) la care se formează *plano-anizogameți*. La această algă indivizii unicelulari dau naștere fie la 2—4 *gino-gameți*, fie la 4—8 *andro-gameți*, încît este o heterecie. Gameții prin contopire formează un zigot care germinînd dă naștere, prin diviziune reducțională, la 4 indivizi vegetativi flagelați.



CarteAdmin 2013

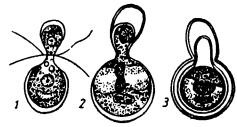



Fig. 251. Anizogamia la *Chlamydomonas braunii*: *1, 2* — fazele principale ale fuziunii gameților; *3* — zigotul protejat de un înveliș dublu (d. I. Grințescu).

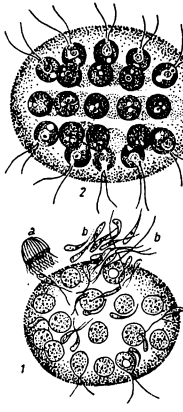



Fig. 252. *Eudorina elegans*: *1* — colonie din 32 indivizi biflagelați; *2* — colonie feminină cu numeroși indivizi care-și pierd flagelii și devin oosfere; *A* — grup de anterozoizi proveniți dintr-o colonie masculină; *B* — numeroși anterozoizi înainte de fecundarea oosferelor (d. I. Grințescu).

La *Eudorina elegans* (*Volvocales*) are loc o anizogamie avansată (*oogamie*). Această algă este reprezentată printr-o colonie adultă masculină sau feminină alcătuită din 32 indivizi unicelulari biflagelați (fig. 252). Într-o colonie feminină, indivizii devin oosfere (*aplano-anizo-hologameți*) care își pierd flagelii și devin mai voluminoase. Un asemenea individ poate fi considerat ca un oogon unicelular transformat într-o oosferă.

Într-o colonie masculină fiecare individ dă naștere prin diviziune la 64 *microgameți* (anterozoizi) lungi (*plano-anizo-merogameți*) la început verzi și protejați de învelișul celulei mame. Microgameții considerați ca anteridii unicelulare sînt grupați într-un mănunchi și dispuși într-un singur plan; la maturitate ei devin portocalii.

La un moment dat gameții masculini ies afară din celula mamă printr-o crăpătură și apoi se separă unii de alții apropiindu-se de colonia feminină ca să fecundeze oosferele.

La germinarea zigotului nucleul acestuia se divide reducțional în 4 nuclee haploide, dintre care trei degenerează, iar al patrulea devine nucleul unui *zoospor* (gonospor). Deoarece determinarea sexului la această algă se face haplogenotipic, zoosporul format este fie ♂ fie ♀ și prin diviziune el dă naștere unei noi colonii. Reiese deci că *Eudorina elegans* este o algă heterecică.



ProAdvice 2013

Dintre *Phycomycetae* la *Allomyces javanicus* (*Oomycetes* fam. *Blastocladiaceae*) reproducerea sexuată se face de asemenea prin contopirea anizogameților liberi. La această ciupercă talul haploid (gametofitul) este reprezentat printr-un miceliu cenocitic ramificat, pereții transversali fiind pe alocuri perforați. Gametociștii ♂ și ♀ formează serii terminale suprapuse, cei ♂ deosebindu-se prin dimensiunile lor mult mai mici. În gametociștii masculini se formează androgameții uniflagelați. În gametociștii feminini se diferențiază ginogameți, de asemenea uniflagelați, dar mai voluminoși. După contopirea gameților, zigotul mai prezintă câtva timp cei doi flageli, care cu timpul dispar, apoi se înconjoară cu un înveliș și germinează fără a trece printr-o stare de repaus. Pe sporofit se formează zoosporociștii în care, în urma unei diviziuni reducționale, se diferențiază zoospori.

Reiese astfel că la *Allomyces javanicus* există un schimb de generații antitetic.

La feofite se întîlnesc toate formele intermediare între izogamie și anizogamie. Astfel la *Ectocarpaceae*, pe lîngă specii izogametice (*Ectocarpus siliculosus*), există și specii care prezintă o anizogamie accentuată, așa cum se observă la *Cutleria multifida* (*Cutleriaceae*). Această algă este o feofilă heterecică la care determinarea sexelor se face la formarea zoosporilor.

Alte cazuri de oogamie și mai caracteristice printre feofite se întîlnesc la *Fucaceae* care sînt alge marine; unele dintre acestea sînt sinecice, altele heterecice. *Fucus vesiculosus* de exemplu este de obicei heterecic. În perioada reproducerii, vîrfurile ramificațiilor talului se umflă ușor prezentînd cavități numite *conceptacule*, în care se formează spermatociștii (anteridii) intercalate cu filamente sterile-*parafize*. Fiecare conceptacul comunică cu exteriorul printr-un por. Anteridiile sînt unicelulare și conțin 64 anterozoizi mici, biflagelați; ele se desprind de pe peretele conceptaculului și se îngrămădesc spre orificiul acestuia, unde se deschid (fig. 253).

Anterozoizii prevăzuți cu o stigmă roșie ies din anteridii și înoată în apa din jurul talurilor.

Pe talurile feminine conceptaculele conțin oogoane care la început apar ca niște papile formate din două celule: una bazală mai mică numită *soclu* și una mare care este *oogonul*; printre oogoane se află parafize ca niște peri.

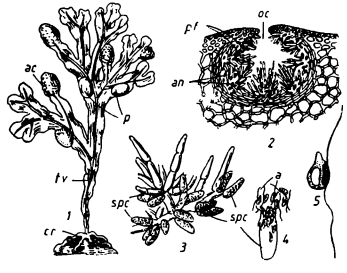



Fig. 253. *Fucus vesiculosus:*
*1* — habitus: *a* — extremitatea talului cu conceptacule; *2* — secțiune printr-un conceptacul cu spermatociști; *3* — spermatociști și parafize; *4* — spermatocist deschis și numeroși anterozoizi; *5* — anterozoid: *a* — anterozoizi; *cr* — crampon; *oc* — orificiul conceptaculului; *p* — piuitor; *pf* — parafize; *spc* — spermatociști; *tv* — tal vegetativ (d. I. Grințescu).



ProDidactica 2013

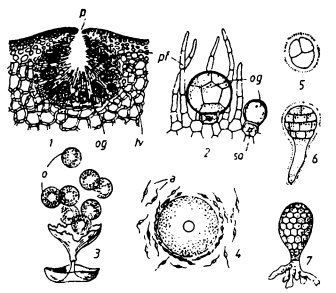



Fig. 254. *Fucus vesiculosus:*

*1* — secțiune printr-un conceptacul feminin; *2* — formarea oogoanelor; *3* — deschiderea oogonului și eliberarea oosferelor; *4* — oosferă înconjurată de anterozoizi; *5—7* — germinarea zigotului: *a* — anterozoizi; *o* — oosferă; *og* — oogon; *p* — por; *pf* — parafize; *so* — soclul oogonului; *tv* — tal vegetativ (d. I. Grințescu).

Încă de la începutul formării oogonului, citoplasma acestuia se divide în opt porțiuni care devin ulterior oosferele. La maturitate oogoanele se desprind de pe peretele conceptaculului și se deschid. În acest moment oosferele galben-brune se deplasează spre orificiul conceptaculului, de unde sînt luate apoi de curenții de apă. Oosferele libere sînt înconjurate imediat de o mulțime de anterozoizi, dintre care unul fecundează o oosferă. Zigotul format se înconjoară cu un înveliș și cade pe fundul apei unde germinează dînd naștere unui nou tal (fig. 254).

## 4.4.2. Reproducerea prin celule libere care funcționează ca gameți

Similar cu reproducerea sexuată care se realizează sub formă de izogamie sau anizogamie corespunzător cu tipul de gameți deosebiți morfologic sau nu, acest tip de reproducere se face și la nivelul gametociștilor liberi. Astfel la ascomicetele unicelulare (v. fig. 222) are loc o pseudogamie izogamă. În acest caz două celule vegetative se apropie formînd cîte o prelungire de copulație. Aceste prelungiri se ating, pereții lor se resorb și are loc plasmogamia. Nucleele celor două celule gameți fuzionează în „canalul de copulație", iar zigotul format se transformă în ască. Nucleul diploid al ascei se divide după un anumit timp reducțional formînd 8 ascospori haploizi care sînt puși în libertate prin ruperea învelișului ascei. Fiecare ascospor devenit liber se transformă în cîte o celulă vegetativă. Această ciuperci este heterecică.

Reiese că la ascomicetele unicelulare reproducerea sexuată se manifestă numai la formarea zigotului; în schimb la formarea ascosporilor este o înmulțire asexuată.

La alte zaharomicete ca *Zygosaccharomyces chevalieri* are loc o adelfogamie, adică o celulă fiică tînără rezultată prin înmugurire, se contopește cu celula mamă din care



©ProAdams 2013

a provenit. Nucleul diploid se formează în celula mamă care devine zigot unde se vor diferenția mai tîrziu patru ascospori.

### 4.4.3. Reproducerea sexuată cu desprinderea zigotului

La acest tip de reproducere zigotul se formează fie numai prin unirea a doi aplanogameți ca la *Spirogyra*, fie prin contopirea unui planogamet cu un aplanogamet ca la *Coleochaete*.

1. **Izogamie**. Aceasta este frecventă la *Diatomeae*, *Conjugalae* și la *Zigomycetales*.

La majoritatea diatomeelor aplano-izogameții se formează cîte 1—2 în fiecare celulă. Astfel la *Cocconeis* sau la *Surirella* în fiecare individ se diferențiază cîte un singur gamet.

La alte diatomee: *Rhopalodia gibba* și *Navicula viridula* în fiecare individ se formează cîte doi gameți (merogameți).

În general, formarea zigotului numit și „auxospor" (auxozigot, auxozigospor) are loc la început prin alipirea celulelor vegetative printr-o substanță mucilaginoasă. La *Rhopalodia gibba* nucleul fiecărui individ copulant se divide de două ori dînd naștere, în urma unei diviziuni reducționale, la patru nuclee haploide dintre care două degenerează, iar alte două formează 2 gameți.

La *Cocconeis placentula* și la *Surirella saxonica* fiecare individ copulant formează, prin diviziune reducțională două nuclee dintre care unul degenerează. În felul acesta celula vegetativă este un gametocist care s-a transformat într-un singur gamet cu un nucleu activ. Ulterior carapacele indivizilor copulanți se desfac, iar gameții fuzionează formînd un zigot care se înconjoară cu un înveliș silicios.

La *Rhopalodia gibba* și la *Navicula viridula* gameții copulează doi cîte doi formînd doi zigoți care se înconjoară de asemenea cu un înveliș silicios rezultînd cei doi zigociști sau „zigoauxospori".

La unele diatomee (*Pennatae*) diviziunea reducțională are loc înaintea formării gameților încît indivizii care iau naștere din zigot, printr-o simplă transformare sînt diplobionți. În schimb, la alte diatomee (*Centricae*) indivizii sînt probabil haplobionți.

La conjugatele unicelulare ca *Spirotaenia condensata* se diferențiază aplano-izo-merogameți astfel: două celule se contopesc iar conținutul fiecăreia se divide în cîte doi gameți care fuzionează formînd doi zigoți. Zigotul germinînd dă naștere, în urma unei diviziuni reducționale la patru noi indivizi (gonociți). *Spirotaenia condensata* prezintă probabil o heterecie genotipică.

La conjugatele filamentoase aplanogameții se diferențiază în celulele vegetative, întreg conținutul celular devenind un aplanogamet la majoritatea acestora. La unele conjugate însă ca *Mesocarpus* numai o parte din conținutul celular participă la procesul sexual, restul rămînînd în celula maternă.

La conjugate ca și la majoritatea zigomicetelor, atît gameții, cît și întregul tal sînt haploizi, diplofaza fiind reprezentată numai prin zigocist. Diviziunea reducțională are loc la germinarea zigotului cînd rezultă patru nuclee haploide.

Deși majoritatea conjugatelor filamentoase sînt izogame, unele specii prezintă însă o oarecare anizogamie morfologică; anizogamia fiziologică se manifestă însă la toate.

La conjugatele filamentoase se deosebesc mai multe forme de conjugare:

a) **Conjugarea scalariformă** la *Spirogyra longata* la care cele două taluri filamentoase se așază paralel, iar conținutul a două celule situate față în față reprezintă aplanogameții. De la fiecare celulă pornește cîte o prelungire către cealaltă, aceste



CarteAdmin 2013

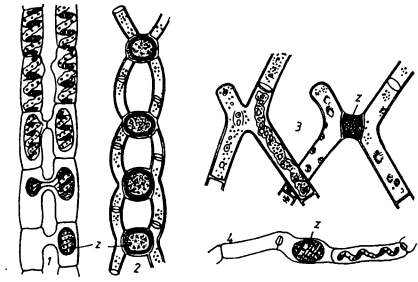



Fig. 255. Formarea zigotului:
1 — *Spirogyra longata*; 2 — *Mougeotia calcarea*; 3 — *Mougeotia lactevirens*; 4 — *Spirogyra spreciana*; z — zigot (d. I. Grințescu).

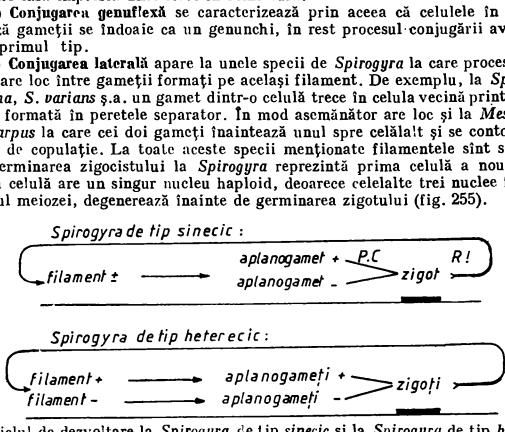
prelungiri se ating și în locul respectiv pereții lor se gelifică formîndu-se astfel un canal de copulație. După aceea aplanogametul ♂ trece prin canal în celula opusă în care se află aplanogametul ♀ și se contopesc rezultînd un zigocist.

La o altă conjugată, *Mougeotia calcarea* fuziunea gameților are loc chiar în canalul de copulație; după formarea zigocistului canalul de copulație se gelifică și se resoarbe, zigocistul devenind astfel liber. O asemenea conjugare repetată între două filamente lasă impresia unei scări în miniatură.

b) **Conjugarea genuflexă** se caracterizează prin aceea că celulele în care se formează gameții se îndoaie ca un genunchi, în rest procesul conjugării avînd loc ca la primul tip.

c) **Conjugarea laterală** apare la unele specii de *Spirogyra* la care procesul conjugării are loc între gameții formați pe același filament. De exemplu, la *Spirogyra spreeiana*, *S. varians* ș.a. un gamet dintr-o celulă trece în celula vecină printr-o deschidere formată în peretele separator. În mod asemănător are loc și la *Mesocarpus pleurocarpus* la care cei doi gameți înaintează unul spre celălalt și se contopesc în canalul de copulație. La toate aceste specii menționate filamentele sînt sinecice.

Germinarea zigocistului la *Spirogyra* reprezintă prima celulă a noului tal. Această celulă are un singur nucleu haploid, deoarece celelalte trei nuclee formate în cursul meiozei, degenerează înainte de germinarea zigotului (fig. 255).




Ciclul de dezvoltare la *Spirogyra* de tip *sinecic* și la *Spirogyra* de tip *heterecic*.

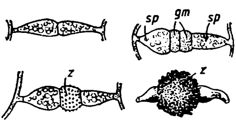



Fig. 256. Formarea zigosporului la *Mucor mucedo*:
*gm* — gametociști; *sp* — suspensor; *z* — zigospor (d. I. Grințescu).

În ceea ce privește repartizarea sexelor, majoritatea dintre *Zygnemales* sînt heterecice, iar altele sînt sinecice. La primele, zigoții se formează numai pe filamentul feminin, în timp ce la cele sinecice zigoții se diferențiază pe oricare din cele două filamente de conjugare. De altfel la zignemalele sinecice se întîlnesc toate formele de conjugare menționate; la cele heterecice conjugarea laterală lipsește.

La speciile sinecice de *Spirogyra* determinarea sexului este haplogenotipică (*Spirogyra quadrata*, *S. spreeiana*, *S. grevilliana* ș.a.), iar la cele heterecice ca *Spirogyra weberi* determinarea sexului are loc fenotipic în haplofaza tînără.

La zigomicetale, zigosporii (zigociștii) se formează în anumite condiții pe micelii plurinucleate (cenocitice). La *Mucor mucedo* (fig. 256) în momentul formării zigociștilor, două ramificații ale miceliului cresc una către cealaltă pînă se ating. Extremitățile acestor ramificații, umflate și bogate în citoplasmă, se separă de restul miceliului prin cîte un perete transversal. Ramificațiile se dilată în continuare, iar la locul de contact peretele lor se resoarbe. Aceste umflături reprezintă gametociștii (♂, ♀) care conțin fiecare cîte un *cenogamet*. Odată ce au venit în contact ei se contopesc formînd un cenozigot cu numeroase nuclee diploide. Învelișul zigotului se îngroașă, apoi devine brun sau negru și se impregnează cu săruri de Ca formînd un *zigospor*. Ramificațiile miceliului între care zigocistul mai rămîne cîtva timp prins, se numesc *suspensori*. *Mucor mucedo* este o ciupercă heterecică (heterotalică).

O altă zigomicetă heterecică, *Phycomyces blakesleeanus* are o importanță deosebită deoarece este singura zigomicetă care prezintă un schimb de generații antitetic.

2. **Anizogamia**. Acest tip de reproducere sexuată este frecvent la ficomicete, cloroficee și caroficee.

Dintre ficomicete la *Polyphagus euglenae* se întîlnește o holoanizogametangie tipică. Această ciupercă este unicelulară și mononucleată. Un individ, în general mai mic decît cel feminin, se transformă într-un spermatocist prevăzut cu o umflătură pe care o îndreaptă spre gametocistul feminin. Dacă un individ masculin întîlnește un gametocist feminin, la locul de contact pereții se resorb, iar conținutul gametociștilor se varsă în umflătura produsă și se înconjoară apoi cu un înveliș gros prevăzut cu spini. Plasmogamia nu este urmată însă de cariogamie și zigotul dicariotic se separă de restul gametociștilor prin pereți transversali. Ulterior cei doi gametociști se resorb, iar zigotul rămîne liber. După cîteva luni zigocistul germinează și formează o evaginație în formă de sac în care trece dicarionul. În această evaginație are loc și cariogamia, după care urmează meioza. Apoi prin diviziunile repetate ale nucleelor haploide se formează zoosporii, evaginația devenind astfel un zoosporocist (zoosporange).

La alte ciuperci ca *Saprolegniaceae* (fig. 257) gametociștii se separă de tal printr-un perete transversal, ambii gametociști fiind plurinucleați. O parte din citoplasmă și din nucleele oogonului degenerează înainte de fecundație, iar din citoplasma periferică a acestuia se diferențiază mai multe oosfere. În momentul fecundației din anteridie se formează un tub simplu sau ramificat care se alipește de oogon; prin fiecare ramificație a tubului anteridial iese cîte un nucleu care intrînd în oogon fecundează cîte o oosferă; la *Saprolegniaceae* există deci o gametangie (cistogamie).

La *Albugo* sp. (*Peronosporaceae*) oocistul se formează în țesuturile plantei gazde. Vîrful unei ramificații dintr-o hifă miceliană se dilată și se separă de restul

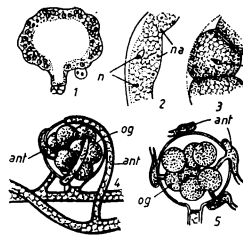



Fig. 257. Reproducerea sexuată la *Saprolegniaceae*: *1—3 — Saprolegnia monoica: 1* — oogon tînăr cu numeroase nuclee parietale; *2* — o parte din stratul protoplasmatic periferic; *3* — formarea oosferelor; *4—5 — Saprolegnia ferax: ant* — anteridie; *n* — nuclee normale; *na* — nuclee atrofiate; *og* — oogon (d. I. Grințescu).

miceliului printr-un perete transversal formîndu-se astfel gametocistul feminin sau oogonul care conține numeroase nuclee. Citoplasma din mijlocul oogonului este mai densă și conține mai multe nuclee alcătuind oosfera. Periplasma este mai puțin densă și în ea se retrag toate nucleele exceptînd unul singur. Acesta se divide o singură dată rezultînd două nuclee în oosferă; unul dintre acestea degenerează, iar celălalt reprezintă nucleul activ al oosferei.

O ramificație a unei hife miceliene din apropierea oogonului se dilată puțin și se separă de asemenea printr-un perete transversal de restul miceliului, diferențiindu-se astfel gametocistul masculin (anteridia) care conține și el mai multe nuclee. Anteridia se apropie de oogon, emite o prelungire în formă de tub care străbate peretele oogonului și periplasma înaintează către nucleul central. Vîrful tubului anteridial se gelifică și apoi conținutul anteridiei trece în oogon unde se amestecă cu conținutul acestuia. În final, unul din nucleele anteridiei se contopește cu nucleul oosferei formînd oul sau zigotul. La periferia acestuia se diferențiază un înveliș celulozic dublu la exteriorul căruia rămîn nucleele periplasmei și conținutul nefolosit al anteridiei. Înainte de întrarea zigotului în repaus, nucleul său se divide de mai multe ori, iar la exterior oocistul prezintă un înveliș dublu, rezistent, prevăzut cu asperități, precum și învelișul zbîrcit al oogonului. În condiții favorabile de germinare oocistul va genera zoospori.

Reiese deci că la *Peronosporaceae* există o gametangie la fel ca la *Zygomicetes*. De asemenea, majoritatea peronosporaceelor și pitiaceelor sînt haplosinecice cu determinarea haplofenotipică a sexelor.

În ceea ce privește cloroficeele, dintre acestea la coleochetacee anterozoizii și oosferele (andro- și ginogameții) se diferențiază în celule speciale: spermatociști și oogoane. Fiecare anteridie conține cîte un anterozoid mobil, iar fiecare oogon cîte o oosferă imobilă. Anterozoizii lipsiți de înveliș celulozic sînt incolori, conțin citoplasmă, nucleu și sînt prevăzuți cu cîte doi flageli. Oosferele sînt sferice, lipsite de asemenea de înveliș celulozic, dar prezintă un nucleu, un cromatofor și conțin numeroase substanțe de rezervă.

La *Coleochaete pulvinata*, spermatocistii și oogoanele se formează la extremitatea filamentelor talului. Dintr-o celulă terminală se diferențiază 2—3 evaginațiuni care se separă prin pereți transversali și acestea constituie spermatocistii în care se formează un singur anterozoid. Oogoanele se diferențiază asemănător din alte celule terminale care își măresc volumul și emit o prelungire scurtă ce le dă aspectul unei mici butelii. Un asemenea oogon prezintă o parte bazală (ventrală) cu un conținut citoplasmatic constituind oosfera și un tub mic plin cu mucilagiu care facilitează pătrunderea anterozoidului la oosferă.

După fecundație ramificațiile de la baza oogonului se alipesc de acesta formînd în jurul lui ca un strat de plehtenchim. Atît pereții oogonului, cît și ai celulelor



©PetiAbaire 2013

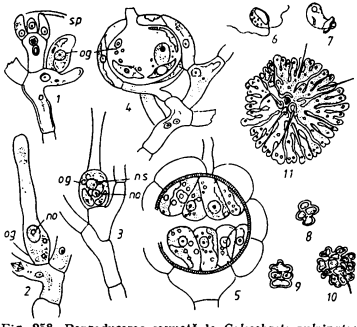



Fig. 258. Reproducerea sexuată la *Coleochaete pulvinata:*
*1* — spermatocişti şi un oogon tînăr; *2* — oogon înainte de fecundaţie; *3* — oogon după fecundaţie; *4* — oogon fecundat înconjurat de filamente sterile şi formarea oocistului; *5* — germinaţia oocistului; *6* — macrozoospor (mult mărit); *7* — germinaţia unui macrozoospor; *8—11* — faze din dezvoltarea talului; *6, 7* — *Chlamydomonas nitellarum; 8—11* — *Chlamydomonas soluta: no* — nucleul oosferei; *ns* — nucleul spermatocistului; *og* — oogon; *sp* — spermatocist (d. I. Grinţescu).

care alcătuiesc plehtenchimul se îngroaşă formînd în jurul acestuia un înveliş rezistent de culoare brună şi întreaga formaţiune este un oocist.

Talul se distruge după formarea oocistului care hibernează. Primăvara învelişul oocistului se resoarbe; conţinutul lui se divide meiotic formînd mai întîi 2, apoi 4—8, pînă la 16—32 celule care sînt puse în libertate. Fiecare din aceste celule va da naştere la cîte un macrozoospor (haplospor) care germinînd va forma cîte un nou tal (gametofit) (fig. 258).

Reiese că la *Coleochaetaceae* există o alternanţă de generaţii în care celulele vegetative haploide formate în oocist reprezintă sporofitul haploid. Fiecare din aceste celule transformîndu-se în cîte un macrozoospor, aceştia din urmă germinează şi dau naştere la un nou tal gametofit. Oocistul fiind diploid, ambele generaţii: sexuată şi asexuată, sînt în haplofază. Deci la coleochetacee schimbul de generaţii este obligator omolog.

Speciile genului *Coleochaete* sînt în general haplosinecice şi determinarea sexului este haplofenotipică; *Coleochaete scutata* este însă heterecică.

Alte alge verzi ca oedogoniaceele prezintă anumite particularităţi în reproducerea sexuată. Astfel la *Oedogonium* sp. se deosebesc trei tipuri de specii:

I. **sinecice** (monoice sau ginandre) la care pe acelaşi tal filamentos se formează atît spermatocişti (anteridii) cît şi oogoane. La acestea determinarea sexului se face haplofenotipic (*Oedogonium crispum*);

II. **heterecice** (dioice) la care spermatociştii şi oogoanele se formează pe filamente diferite. Speciile heterecice pot fi şi ele:

1. *macrandre* la care spermatociştii şi oogoanele se formează pe filamente diferite, asemănătoare morfologic (*Oedogonium boscii*). Nu se cunosc date precise privind determinarea sexului la *O. capilare*, însă determinarea sexului este probabil, haplogenotipică.



BCU Cluj / Central University Library Cluj

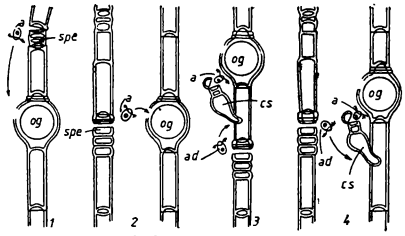



Fig. 259. *Oedogonium* tip *stnecta* (*1*);
*2* — tip *heterecic — macrandric; 3* — tip *heterecic nanandric — ginandrospor; 4* — tip *heterecic nanandric — idioandrospor: a* — anterozoid; *ad* — androspor; *cs* — celulă suport; *og* — oogon; *spe* — spermatocist (d. I. Grinţescu).

2. *nanandre* la care oogoanele se diferenţiază pe filamente normale, iar spermatociştii se formează pe filamente scurte alcătuite din cîteva celule, sau sînt unicelulare numite *filamente masculine pitice* sau *bărbăţuşi* (nannandricus).

a) *ginandrospore* sînt speciile la care pe un filament normal se formează oogonul; din alte celule ale aceluiaşi filament se diferenţiază un androspor care germinînd va da naştere unui bărbăţuş pe care se formează anteridia. La acestea determinarea sexului este *haplofenotipică* (*Oedogonium braunii*, *O. concatenatum* ş.a.).

b) *idionandrospore* cînd pe unul din filamentele normale se formează oogonul, iar pe un altul se diferenţiază androsporul din care ia naştere bărbăţuşul şi apoi spermatocistul (fig. 259) ca la *Oedogonium pluviale*. Referitor la determinarea sexului, nu există date precise.

Unele specii nanandre prezintă atît forme ginandro- cît şi idionandrospore (*Oedogonium flavescens*).

În formarea oogonului la oedogoniacee se disting mai multe stadii: la început celulele filamentului se divid, iar după ultima diviziune rezultă „o celulă de sprijin" asemănătoare cu celelalte celule vegetative şi celula oogonului. Aceasta din urmă devine voluminoasă şi reprezintă oogonul care conţine un nucleu, cloroplaste şi substanţe de rezervă. Citoplasma oogonului se alipeşte la început de peretele acestuia care prezintă o mică proeminenţă papiloasă în dreptul căreia peretele celulozic este subţire. La un moment dat conţinutul oogonului (oosfera) se contractă şi printr-o gelificare a peretelui acestuia papila se deschide şi se formează o substanţă mucilaginoasă care iese afară înlesnind pătrunderea anterozoidului în oogon.

Dacă spermatociştii se formează direct pe filamentele normale (macrandre sau ginandre), atunci celula sau celulele lungi ale filamentului se divid şi rezultă mici celule disciforme. În fiecare din aceste celule mici se vor forma cîte doi anterozoizi care sînt puşi în libertate printr-o crăpătură laterală ce se lărgeşte prin îndoirea talului. Anterozoidul prezintă o coroană de flageli la fel cu o zoogonidie, dar mult mai mic.

În cazul cînd spermatociştii se formează pe filamentele masculine pitice (bărbăţuşi) atunci în celulele disciforme ale unui filament normal se diferenţiază cîte un androspor, care prin forma lor se aseamănă cu anterozoizii, dar sînt mai mari. La unele specii androsporul înoată spre filamentele cu oogoane, se fixează pe acestea sau în apropierea lor şi generează doi anterozoizi care ies ridicînd un căpăcel format la vîrful celulei mame. Această celulă este un bărbăţuş unicelular care devine spermatocist.



CDeCAdemia 2013

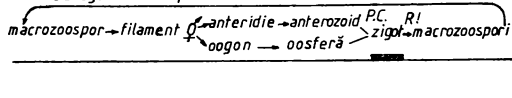
La alte specii, din androsporul fixat se naşte un bărbătuş cu o celulă de sprijin, iar la extremitatea lui se formează doi sau mai mulţi spermatocişti.

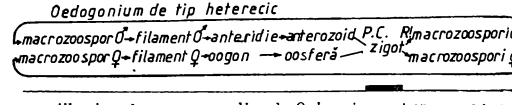
Oocistul format după fecundaţie germinează şi din conţinutul său citoplasmatic, eliberat din învelişul extern dar protejat încă de un alt înveliş subţire, se formează patru macrozoospori.

Determinarea sexului se face haplogenotipic rezultînd doi macrozoospori ♀ şi doi ♂; la început macrozoosporii dau naştere filamentelor vegetative.

La *Oedogonium* ca şi la *Coleochaete* diviziunea reducţională are loc la germinarea oocistului, încît cei patru zoospori sînt spori obligatori.

Ciclul evolutiv la *Oedogonium* diferă după cum specia este sinecică sau hetero-recică.




La speciile ginandrospore masculine de *Oedogonium* există un schimb de generaţii obligator, androsporul fiind un haplospor.

La *Charophyceae* anteridiile sînt sferice şi pluricelulare, iar fiecare anteridie este fixată pe un scurt picioruş. Peretele anteridiei este format din opt celule tabelare, de formă triunghiulară numite *valvae* care au marginile ondulate şi sînt strîns alipite între ele; citoplasma acestor celule conţine numeroase cromoplaste roşii. La mijlocul fiecărei celule parietale (valvae) se află cîte o celulă de formă cilindrică numită *manubrium*; manubriile sînt orientate către centrul anteridiei (fig. 260).

Fiecare manubriu se termină cu cîte o celulă sferică numită *capitulum*; fiecare capitul poartă la rîndul său cîte 3—6 celule mici numite *capitule secundare*, iar fiecare capitul secundar dă naştere la cîte 4 *filamente spermatogene* care se încîlcesc ocupînd tot spaţiul liber dintre manubrii. Filamentele spermatogene sînt formate din numeroase celule mici care vor genera tot atîţia anterozoizi (cca 20—40 000).

Anterozoizii sînt răsuciţi în spirală, biflagelaţi, lungi şi îngroşaţi la una din extremităţi fiind foarte asemănători cu cei de la briofite. La maturitate celulele parietale ale anteridiei se desfac, celulele mame ale anterozoizilor se deschid şi pun în libertate anterozoizii care ies şi înoată în mediul acvatic spre oogoane.

La *Chara* şi la *Nitella* anteridiile sînt fixate la nodurile talurilor, fiind prinse pe axă prin intermediul a 1—2 celule disciforme numite *celule bazale* (stil). Anteridiile îşi au originea la characee în segmentul terminal al ramificaţiilor. La început primordiul sferic al anteridiei se divide în 8 celule (octante) care printr-o diviziune periclinală vor da naştere la 8 celule către exterior şi la 8 celule spre interior. Celulele externe vor forma valvele, iar cele interne se divid încă odată spre a forma manubriile şi capitulele (fig. 261).

Oogoanele sînt de asemenea pluricelulare, dar de formă ovală. Ca şi anteridiile, oogoanele sînt fixate pe axă cu ajutorul unei celule internodale disciforme.

Oogonul ia naştere la *Nitella flexilis*, dintr-o celulă nodală de la baza anteridiei. Această celulă se divide în două celule: celula inferioară, *n*, va forma stilul, iar cea



CC-BY-SA-NC 2013

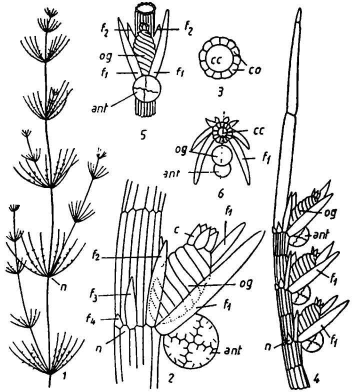
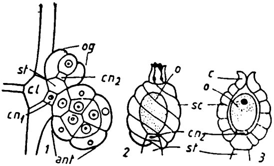



Fig. 260. *Chara fragilis:*

*1* — Fragment dintr-un tal adult; *2* — fragment dintr-un ram cu anteridii şi oogoane (văzute din profil): $f^1$, $f^2$, $f^3$, $f^4$ — foliole în ordinea formării lor; *3* — secţiune transversală prin ram; *4* — fragment dintr-un ram cu anteridii, oogoane şi foliole; *5* — fragment dintr-un ram văzut din faţă; *6* — ram cu anteridie, oogon ş ifoliole proiectae pe acelaşi plan: *ant* — anteridii; c — coronulă *cc* — celulă centrală; co — celule corticale; *n* — nod; *og* — oogon (d. I. Grinţescu).

Fig. 261. *Chara fragilis:*

*1* — originea anteridiei şi a oogonului; *2* — oogon văzut din profil; *3* — acelaşi în secţiune longitudinală: *ant* — anteridie; c — coronulă; *cl* — celulă de legătură; $cn^1$, $cn^2$ — celule nodale; o — oosferă; *og* — oogon; *sc* — scoarţa oogonului; *st* — stil (d. I. Grinţescu).




superioară, *i*, va forma oogonul. Diferenţierea oogonului are loc în felul următor: celula superioară, *i*, se divide în trei celule şi anume o celulă bazală (3), una nodală (2) şi oogonul (4). Celula nodală generează cinci celule lungi care alcătuiesc învelişul oogonului sau „scoarţa". Aceste cinci celule cresc şi se răsucesc în jurul oosferei; spre vîrf ele dau naştere la încă 5—10 celule mici care formează *coronula*. Celulele corticale şi coronula conţin cloroplaste. În mijlocul oogonului se află oosfera, bogată în substanţe de rezervă, prevăzută cu un înveliş subţire. La maturitate celulele coronulei se îndepărtează delimitînd cinci orificii în formă de butonieră prin care pătrund anterozoizii la oosferă. După fecundaţie oosfera devine zigot; acesta se înconjoară cu un înveliş rezistent incolor.

După un timp oarecare celulele corticale se distrug, însă peretele lor intern, negru şi încrustat cu carbonat de calciu, se menţine şi contribuie la apărarea oosporului.

Ajuns în acest stadiu, oosporul intră în hibernare, iar primăvara germinează. La characee numai zigotul este diploid. Prima diviziune a oosporului este reducțională și după formarea celor 4 nuclee haploide se diferențiază două celule printr-un perete perpendicular pe axa longitudinală a oosporului. Celula inferioară este mare și servește la înmagazinarea substanțelor nutritive; cea superioară, mai mică, se divide spre a da naștere la alte două celule: un rizoid și un filament verde care continuă să se dezvolte și generează un nou tal.

În general characeele (*Chara fragilis*, *Nitella flexilis*) sînt plante sinecice și determinarea sexului se face fenotipic.

### 4.4.4. Reproducerea sexuată cu desprinderea zigotului transformat în embrion sau plantulă

Zigotul se formează în acest caz prin oogamie: contopirea a doi anizogameți. Gametul masculin poate fi anterozoid (planogamet), iar cel feminin este o oosferă închisă într-un gametange feminin numit arhegon. În acest grup intră și unele cazuri excepționale de reproducere de la *Anthocerotales* (*Bryophyta*), toate pteridofitele, precum și unele gimnosperme.

La tipurile mai evoluate de reproducere sexuată din regnul vegetal, în locul gameților tipici se diferențiază *nuclee generative* (spermatice) sau *celule spermatice* (spermatii), iar gametul feminin — oosfera — este situat în sacul embrionar. În această categorie intră toate angiospermele.

### 4.4.5. Reproducerea la Bryophyta

Reproducerea sexuată prin desprinderea plantulei (zigotului crescut) rezultată direct în urma procesului sexual, se întîlnește și la unele *Anthocerotales*. La acestea sporogonul devine fiziologic independent de gametofit și zigotul transformat într-un corp mai mult sau mai puțin vegetativ, se desprinde de gametofit.

**Reproducerea la Hepaticae**. La *Marchantia polymorpha*, o hepatică dioică, ciclul de dezvoltare începe cu germinarea meiosporului haploid (briosporul) care dă naștere unei protoneme formată din cîteva celule puse cap la cap (fig. 262). La extremitatea protonemei se formează în scurt timp talul foliaceu pe care se diferențiază organele sexuale: anteridiile și arhegoanele. Acestea se formează pe niște ramificațiuni ortotrope dilatate la vîrf, avînd aspectul unei mici pălării sau umbreluțe (fig. 263).

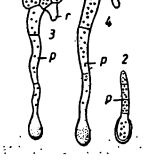



Fig. 262. Germinația briosporului la *Marchantia polymorpha* (*1*);
*2* — primele celule ale protonemei; *3* — începutul formării talului și a primului rizoid; *4* — stadiu mai avansat: *p* — protonemă; *r* — rizoid; *t* — tal (d. I. Grințescu).

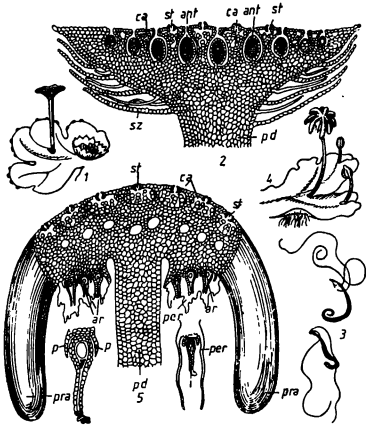



Fig. 263. Gametofitul la *Marchantia polymorpha:*
*1* — fragment de tal cu anteridiofor; *2* — secțiune prin anteridiofor; *3* — anterozoizi biflagelați; *4* — fragment de tal cu arhegonioforî; *5* — secțiune prin arhegonlofor: *ant* — anteridie; *ar* — arhegoane; *ca* — camere aeriene; *p* — periant; *pd* — pedicel; *per* — perichetiu; *pra* — prelungiri ale arhegonioforului; *st* — stomate; *sz* — solzi sterili (d. I. Grințescu).

Anteridiile sînt situate pe fața superioară a formațiunilor discoidale asemănătoare unor pălării numite „*anteridiofori*" de pe talurile masculine; ele sînt prevăzute cu un scurt peduncul cu care sînt fixate în mici cripte „cavități anteridiale".

Arhegoanele sînt situate pe fața inferioară a formațiunilor ascmănătoare unor umbreluțe numite „*arhegonioforî*" de pe talurile feminine. Ele sînt prevăzute cu un peduncul scurt și sînt așezate în serii, între lobii arhegonioforului, cu gîtul în jos. Fiecare arhegon prezintă un înveliș propriu numit *pseudoperiant*, iar fiecare serie de arhegoane este înconjurată de un înveliș comun cu marginile franjurate numit *perichetiu* (perichaetium).

a) **Anteridia la Hepaticae** (*Marchantia polymorpha*) are forma ovală și este prevăzută cu un stil pluricelular. Peretele anteridiei este alcătuit dintr-un singur strat de celule care conțin cromoplaste. În interiorul ei se află numeroase celule spermatogene, fiecare din acestea dînd naștere la cîte doi anterozoizi. La maturitate pereții celulelor mame ale anterozoizilor se gelifică și aceștia rămîn înglobați într-o masă gelatinoasă. Deschiderea anteridiei are loc datorită tensiunilor produse în pereții celulelor din învelișul acesteia, sub influența umidității. Anterozoizii biflagelați puși în libertate înoată în apa de ploaie sau roua de pe anteridiofor. La *Riccia* sp. anteridiile au o formă și structură asemănătoare.

*Originea anteridiei la Hepaticae.* a) tipul cel mai primitiv de anteridie se întîlnește la *Marchantiales*. Ea se diferențiază dintr-o celulă superficială a discului ante-

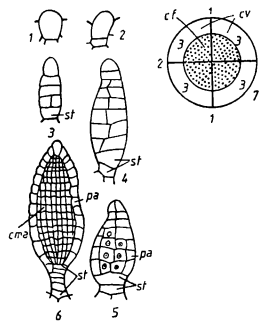



**Fig. 264.** Originea anteridiei la *Fegatella conica:* *1—5* — faze de dezvoltare; *6* — anteridie matură; *7* — secțiune transversală prin anteridie: *1, 1* — primul perete; *2, 2* — al doilea perete longitudinal formînd cvadranți; *3* — pereți periclinali: *cma* — celule mame ale anterozoizilor; *cf* — celule fertile; *cv* — cvadranți; *pa* — peretele anteridiei; *st* — stil (d. I. Grințescu).

ridioforului, care prin diviziuni repetate dă naștere stilului, peretelui și conținutului i anteridiei. La o altă hepatică: *Fegatella conica* o celulă superficială se ridică deasupra talului de care se separă printr-un perete transversal (fig. 264). Printr-o serie de alte diviziuni transversale se diferențiază mai multe celule disciforme suprapuse. Celula bazală va forma stilul, iar cele superioare se divid prin doi pereți longitudinali, perpendiculari, în cvadranți. Prin apariția de noi pereți, în general periclinali, are loc separarea celulelor care vor forma peretele anteridiei. Celulele interne fertile suferă noi diviziuni transformîndu-se în final în celulele mame ale anterozoizilor.

b) Un alt tip de anteridie este cel de la *Jungermaniales*. La *Porella*, de exemplu, o celulă superficială se divide în trei celule disciforme suprapuse; cele două inferioare vor forma stilul, iar anteridia propriu-zisă ia naștere din celula superioară. Spre deosebire de *Marchantiales*, la acest ordin se diferențiază un număr foarte mic de discuri fertile. O altă deosebire constă și în faptul că în discul fertil se formează la început un singur perete longitudinal și deci nu rezultă cvadranți, ca la *Marchantiales*.

c) La *Anthocerotales*, spre deosebire de celelalte briofite, anteridia are origine endogenă.

b) **Arhegonul la Hepaticae** are forma unei butelii și prezintă o *parte ventrală* și un *gît*. Peretele arhegonului este alcătuit din 1—2 straturi de celule care delimitează spre interior, în partea ventrală *oosfera* și *celula ventrală*, iar în interiorul gîtului, mai multe *celule ale canalului* (canalare). La maturarea oosferei celula ventrală și celulele gîtului se gelifică formîndu-se un mucilagiu. Acesta iese afară prin gîtul arhegonului și atrage anterozoizii, orientîndu-i prin chemotactism, spre oosferă. Fecundația are loc numai într-un mediu lichid ca picături de rouă, de ploaie etc.

Arhegonul la *Hepaticae* are origine exogenă diferențiindu-se dintr-o celulă epidermală care se divide în două celule: cea inferioară (fig. 265) va forma stilul, iar cea superioară se divide din nou, prin trei pereți longitudinali, în patru celule: trei periferice și una mijlocie. Primul perete longitudinal corespunde cu peretele median de la anteridiile de tip *Marchantiales* și *Jungermaniales*; ceilalți doi pereți (al 2-lea și al 3-lea) longitudinali se formează în același mod ca la anteridia tipică de *Jungermaniales*. Reiese deci că un arhegon corespunde unei jumătăți de anteridie și anume acelei jumătăți longitudinale care rămîne sterilă.

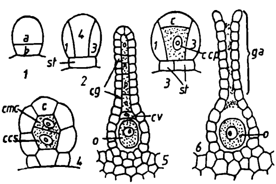
Celula superioară se divide printr-un perete transversal în două celule: una superioară numită *celulă capac* și una inferioară (*i*) care este *celula centrală primară*.



BCU Cluj / Central University Library Cluj

Fig. 265. Originea arhegonului la *Marchantia polymorpha:*

1—5 — stadii de formare a arhegonului; 6 — arhegon matur: c — celulă capac; *ccp* — celulă centrală primară; *ccs* — celulă centrală secundară; *cg* — celulele gîtului; *cmc* — celula mamă a celulelor canalului; *cv* — celulă ventrală; *ga* — gîtul arhegonului; o — oosferă; *st* — stil (d. I. Grințescu).




Aceasta din urmă se divide din nou generînd o celulă superioară care este celula mamă a *celulelor canalului* și o celulă inferioară — *celula centrală secundară* — din care iau naștere *oosfera* și *celula ventrală*. Peretele arhegonului se diferențiază din cele trei celule periferice menționate anterior.

Arhegonul de la *Anthocerotales* nu are stil, este cufundat în tal și este lipsit de perete propriu. În acest caz celula epidermală inițială va genera două celule: cea superioară formează *capacul*, iar cea inferioară va da naștere celor patru celule ale canalului. Din celula internă se diferențiază *oosfera* și *celula ventrală*. Se observă astfel că la antocerotale gîtul arhegonului este alcătuit numai din patru celule.

**Sporogonul la Hepaticae.** La briofite în general, din zigot se diferențiază un embrion care este de fapt sporogonul tînăr. La maturitate sporogonul este format dintr-un picior (*haustor*) fixat în gametofit, dintr-un stil (*seta*) și dintr-o *capsulă*. Sporogonul rămîne închis în partea ventrală a arhegonului (*caliptra*) pînă aproape de maturitatea sporilor.

Capsula este alcătuită dintr-un perete și dintr-un țesut central din care se diferențiază fie numai celulele mame ale sporilor, fie și celule sterile numite *elatere*. Elaterele servesc uneori ca hrană sau la diseminarea sporilor. Capsula se deschide prin rupere.

a) Sporogonul la *Marchantiales* are forma sferică, prezintă un picior (*haustor*), o *setă* foarte scurtă și o *capsulă*. Peretele sporogonului este format dintr-un singur strat de celule care protejează spre interior celulele mame ale sporilor și *elaterele*. La aceste hepatice sporogonul se deschide la vîrf prin ruperea peretelui sub formă de dinți, lobi sau mai rar, printr-un capac.

b) La *Jungermaniales* sporogonul este ovoidal sau sferic și prezintă o *setă* lungă și un *haustor*. Peretele sporogonului este alcătuit din două straturi de celule care delimitează spre interior spori și elatere, la fel ca la marhantiale. La maturitate sporogonul de la *Jungermaniales* se desface însă în patru valve.

c) Sporogonul de la *Anthocerotales* este lung și cilindric, cu baza umflată care funcționează ca haustor; seta aproape lipsește. Peretele sporogonului este pluristratificat; celulele epidermale conțin cloroplaste. O trăsătură caracteristică pentru sporogonul de la *antocerotale* este prezența stomatelor. În interiorul sporogonului se află un țesut steril care formează *columela*, înconjurată de țesutul sporifer (*arhespor*) stratificat, dispus sub formă de clopot; columela are rol de susținere. La baza columelei se află un meristem datorită căruia are loc creșterea intercalară a sporogonului. La maturitate sporogonul se deschide prin două valve, columela rămînînd liberă. La aceste briofite, elaterele sînt scurte, dar pluricelulare, unele fiind chiar ramificate.

**Originea sporogonului la Hepaticae și formarea sporilor**

a) La *Marchantiales* zigotul se divide întîi în două celule, și apoi încă odată formîndu-se patru celule. Din acestea, prin diviziuni repetate, se formează în jumătatea anterioară o parte externă *amfiteciu* din care se diferențiază peretele sporogo-



2013

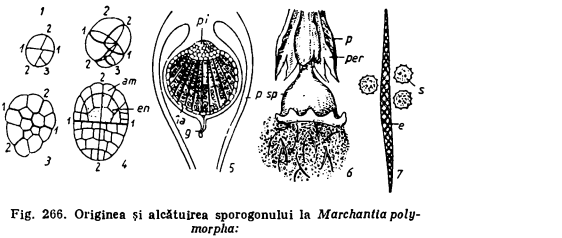



Fig. 266. Originea și alcătuirea sporogonului la *Marchantia polymorpha:*

*1, 2* — primele diviziuni ale zigotului; *3, 4* — formarea amfiteciului și endoteciului; *5* — sporogon tînăr; *6* — sporogon deschis și diseminarea sporilor; *7* — spori și o elateră: *am* — amfiteciu; *e* — elatere; *en* — endoteciu; *g* — gîtul arhegonului; *ta* — învelișul arhegonului; *p* — periant; *per* — pericheției; *pi* — picior; *sp* — sporogon (d. I. Grințescu).

nului și o parte internă *endoteciu*; în jumătatea posterioară se formează *seta* foarte redusă și *haustorul* care se fixează în gametofit.

Celulele endoteciului sînt mari, bogate în citoplasmă și ele devin celule *arhesporale* care prin diviziuni dau naștere celulelor mame ale sporilor. Din fiecare celulă mamă se diferențiază patru spori (meiospori), însă la multe *Marchantiales* din celulele arhesporului se formează și celulele care generează *elatere*.

b) La *Jungermaniales* zigotul se divide, de asemenea, în două celule: una inferioară din care se formează piciorul (*haustor*) și una superioară care va da naștere *setei* și *capsulei*.

La început se formează mai multe celule suprapuse și fiecare din acestea, prin pereți longitudinali și transversali, se subdivide în patru celule (*cvadranți*). Cvadranții superiori se divid prin pereți periclinali dînd naștere la *amfiteciu* și *endoteciu*. Din endoteciu se diferențiază *arhesporul*, iar din amfiteciu, peretele sporogonului.

Fiecare celulă mamă generează cîte patru spori, iar din unele celule arhesporale se formează *elatere*, la fel ca la *Marchantiales* (fig. 266).

La *antocerotale amfiteciul* se divide prin pereți periclinali, rezultînd astfel două straturi: unul extern din care se va forma peretele sporogonului și unul intern care devine *arhespor*. Celulele arhesporale se divid dînd naștere celulelor mame ale sporilor și elaterelor. *Endoteciul* participă în întregime la formarea *columelei*.

**Reproducerea la Musci** (mușchi frunzoși). Ciclul evolutiv la un mușchi dioic (*Funaria hygrometrica*) începe cu germinarea briosporului din care ia naștere *protonema*. La majoritatea mușchilor frunzoși protonema are forma unui filament pluricelular, ramificat care se dezvoltă pe suprafața solului umed. În acest stadiu mușchiul se aseamănă ca aspect, cu o algă verde filamentoasă. Protonema se fixează de sol prin rizoizi care servesc și ca organe de absorbție. Pe protonemă se formează muguri, care dezvoltîndu-se vor da naștere unui „mușchi" frunzos. Pe „mușchi" se diferențiază *anteridii* și *arhegoane*, ce se formează separat la extremitatea axelor frunzoase; ele sînt înconjurate de un involucru numit *pericheției* la arhegoane și „*perigon*" în jurul anteridiilor alcătuit din mai multe frunzișoare modificate (fig. 267). Anteridiile și arhegoanele au un scurt peduncul și printre ele se află filamente sterile cu rol protector probabil gametangii sterile, numite *parafize*.

**Anteridia la Musci**. La *Funaria hygrometrica* anteridia este elipsoidală și prevăzută cu un stil scurt pluricelular. Peretele anteridiei este unistratificat și conține

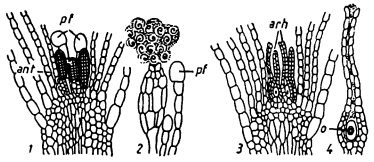



Fig. 267. Organizarea gametofitului la *Funaria hygrometrica:* *1* — anteridii şi parafize înconjurate de involucru; *2* — anteridie deschisă şi două parafize; *3* — arhegoane înconjurate de involucru; *4* — arhegon izolat: *ant* — anteridii; *arh* — arhegoane; *o* — oosferă; *pf* — parafize (d. I. Grinţescu).

cloroplaste, care mai tîrziu se transformă în cromoplaste portocalii. În interiorul anteridiei se formează numeroase celule, în fiecare diferenţiindu-se cîte un anterozoid biflagelat. La maturitate pereţii celulelor mame ale anterozoizilor se gelifică, iar anteridia se deschide la vîrf printr-un căpăcel punînd în libertate anterozoizii. Aceştia înoată în apa de ploaie sau de rouă pînă ajung la gîtul unui arhegon.

La muşchii frunzoşi anteridia are de asemenea origine exogenă ca şi la *Hepaticae*, deoarece se diferenţiază dintr-o celulă epidermală. La *Funaria hygrometrica*, o celulă epidermală se măreşte puţin în volum şi se separă de gametofit printr-un perete periclinal; apoi prin pereţi transversali ea se divide în cîteva celule suprapuse (fig. 268). Toate aceste celule, exceptînd celula terminală, vor forma *stilul* anteridiei. Divizarea celulei terminale prin doi pereţi oblici duce la formarea unei celule iniţiale bivalente, care segmentîndu-se contribuie la formarea anteridiei propriu-zise. Celula terminală se divide într-o celulă periferică parietală şi una internă, iar din segmentele rezultate se formează, la fel ca la *Jungermaniales*, celule parietale şi celule interne; din cele interne se diferenţiază celulele mame ale anterozoizilor.

Reiese că la muşchii frunzoşi formarea anteridiei are loc ca la *Marchantiales*, cu deosebirea că la acestea se diferenţiază o celulă iniţială, iar diviziunea fiecărui segment se face după tipul *Jungermaniales*. La *Funaria hygrometrica* celula terminală a stratului parietal este lipsită de clorofilă şi se numeşte *celulă capac*. La *Polytrichum* sp. şi la *Catharinaea* sp. capacul este pluricelular, iar la alţi muşchi frunzoşi ca: *Andreaeales, Sphagnales* anteridia nu prezintă un capac diferenţiat şi se deschide prin rupere la vîrf.

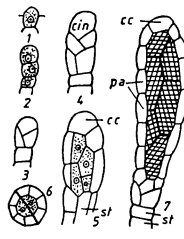



Fig. 268. Originea anteridiei la *Funaria hygrometrica:* *1* — celulă iniţială epidermală; *2—4* — faze succesive în dezvoltarea anteridiei; *5* — formarea peretelui şi diferenţierea celulei capac; *6* — anteridie tînără (secţiune transversală); *7* — anteridie matură: *cc* — celulă capac; *cin* — celulă iniţială; *pa* — peretele anteridiei; *st* — stil (d. I. Grinţescu).

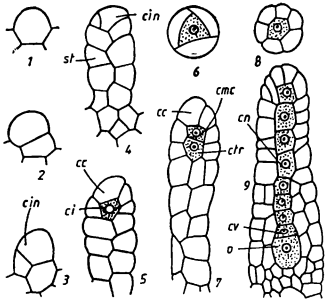



Fig. 269. Originea arhegonului la *Mnium cuspidatum:*
*1* — primordiu unicelular; *2, 3* — formarea celulei inițiale bivalente; *4* — formarea stilului; *5* — diferențierea celulei capac și a celulei interne; *6* — aceleași în secțiune transversală; *7* — stadiu mai avansat; *8* — același stadiu în secțiune transversală; *9* — arhegon complet dezvoltat: *cc* — celulă capac; *ci* — celulă internă; *cin* — celulă inițială; *cmc* — celulă mamă a celulelor canalului; *cn* — celulele canalului; *ctr* — celulă centrală; *cv* — celulă ventrală; *o* — oosferă; *st* — stil (d. I. Grințescu).

**Arhegonul la Musci** prezintă aceeași structură ca la hepatice, cu deosebirea că gîtul arhegonului este foarte lung și conține mai multe celule canalare. Peretele arhegonului este alcătuit, în general, din două straturi de celule (fig. 269), iar arhegonul se deschide printr-un căpăcel. Arhegonul are origine exogenă, întrucît ia naștere dintr-o celulă epidermală care se separă de gametofit printr-un perete transversal, rezultînd astfel două celule. Celula terminală devine celula inițială bivalentă ce se divide generînd *stilul*. În continuare, celula inițială bivalentă formează, prin pereți longitudinali, două celule periferice, devenind trivalentă; apoi printr-un perete transversal se divide în două celule: una externă care este *celula capac* și una internă; aceasta din urmă se divide generînd *celula centrală* și *celula mamă a celulelor canalului*. Ulterior celula centrală dă naștere *oosferei* și *celulei ventrale*. La mușchii frunzoși, spre deosebire de hepatice, celulele canalului iau naștere nu numai din celula lor mamă, ci parțial și din celula capac. Din segmentele exterioare se formează peretele arhegonului.

Arhegoanele sînt omoloage anteridiilor și un arhegon corespunde unei jumătăți de anteridie. La maturitatea arhegonului celula ventrală și celulele canalului se gelifică formîndu-se un mucilagiu. Fecundația are loc numai într-un mediu lichid, anterozoidul străbate mucilagiul din canalul gîtului arhegonului și ajunge la oosferă pe care o fecundează.

**Formarea sporogonului la Musci.** Zigotul rezultat în urma fecundației se divide repetat formînd un „embrion" alungit și cilindric care se fixează cu partea inferioară de gametofit. Simultan cu dezvoltarea embrionului crește și peretele arhegonului, însă embrionul dezvoltîndu-se mai repede provoacă ruperea acestuia. Partea superioară a peretelui rupt împreună cu gîtul arhegonului împinsă în sus de sporogonul în formare constituie *caliptra*, iar partea inferioară rămîne la baza spo-



©BCUCluj 2019

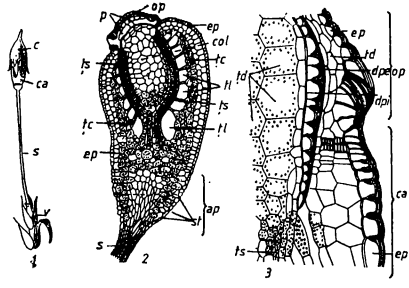



Fig. 270. Sporogon matur la *Polytrichum commune* (*1*); 2, 3 — structura sporogonului la *Funaria hygrometrica* (secțiuni longitudinale): *ap* — apofiză; *c* — caliptră; *ca* — capsulă; *col* — columelă; *dpe* — dinți peristomului extern; *dpi* — dinții peristomul intern; *ep* — epidermă; *op* — opercul; *p* — peristom; *s* — setă; *țc* — țesut clorofilian: *țd* — țesuturi care dispar; *țl* — țesut lacunos; *v* — vaginulă; *ts* — țesut sclerenchimatic (d. I. Grințescu).

rogonului formînd *vaginula* (fig. 270). Embrionul se hrănește pe seama gametofitului transformîndu-se treptat într-un complex numit *sporogon*.

Partea inferioară, subțire și rigidă a sporogonului constituie *seta* sau codița care arată ca o continuare a gametofitului. La baza setei se află piciorul (*haustor*). Partea umflată a sporogonului este *capsula*, la baza căreia se află adesea o mică umflătură numită *apofiză*. Deci zigotul dă naștere unei faze lipsită de frunzișoare — sporogonul — care se dezvoltă pe gametofit.

**Structura sporogonului la Bryidae**. La baza setei sporogonului se află, înfipt în gametofit, piciorul care formează niște rizoizi și funcționează ca un *haustor*; piciorul se continuă cu seta. Seta de la *Funaria hygrometrica* prezintă o epidermă cu pereții îngroșați, un cilindru de sclerenchim urmat de parenchim și axa setei alcătuită dintr-un fascicul de celule parenchimatice conducătoare, înconjurat de o teacă sclerenchimatică. În regiunea apofizei epiderma prezintă stomate.

*Capsula* are un perete alcătuit din epidermă și dintr-un parenchim subepidermal, cu rol asimilator (fig. 271). Partea superioară a capsulei este formată dintr-un

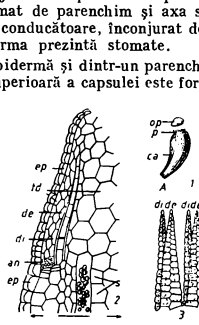



Fig. 271. Organizarea sporogonului (regiunea apicală) la *Funaria hygrometrica*:
*1* — *A* — capsula; *B* — peristomul; *2* — secțiune longitudinală prin capsulă; *3* — dinții peristomului; *4* — formarea și îngroșarea dinților peristomului: *an* — anulus; *ca* — capsulă; *de* — dinte extern; *di* — dinte intern; *ep* — epidermă; *op* — opercul; *p* — peristom; *pe* — peristom extern; *pi* — peristom intern; *țd* — țesut care dispare; *s* — spori (d. I. Grințescu).

căpăcel (*opercul*) fixat pe capsula propriu-zisă prin intermediul unui ţesut în formă de inel. Celulele inferioare ale inelului au pereţii subţiri şi conţinutul bogat în substanţe mucilaginoase, iar cele superioare au pereţii îngroşaţi şi formează marginea operculului. Celulele mucilaginoase la maturitate devin turgescente, se rup şi elimină operculul. Stratul de celule diferenţiate, situate sub opercul, alcătuiesc *peristomul* cu rol important în diseminarea sporilor. Forma, dispoziţia şi structura operculului şi peristomului variază la diferitele grupe de *Musci*. Peristomul este alcătuit dintr-un strat de celule care au îngroşaţi atît pereţii tangenţiali externi, cît şi cei interni. La maturitate pereţii radiali ai acestor celule se rup şi din pereţii îngroşaţi se formează dinţii peristomului astfel: din cei externi se formează *exostomul* (dinţii externi), iar din cei interni, *endostomul* (dinţii interni).

Ţesutul central steril din urmă se numeşte *columela capsulară* iar continuarea acestui ţesut în opercul formează *columela capacului*. La limita acestor două ţesuturi partea terminală a columelei capsulare se lăţeşte şi după căderea operculului, ea rămîne ca o membrană subţire *epifragma* care închide capsula la nivelul dinţilor peristomului. La multe specii însă epifragma lipseşte.

Columela este înconjurată de *sacul sporifer intern*, de *arhespor* şi de *sacul sporifer extern*; între sacul sporifer extern şi peretele capsulei se află un *spaţiu intercelular* străbătut de filamente celulare bogate în cloroplaste.

La *Funaria hygrometrica* arhesporul este la început uni- şi bistratificat.

**Originea sporogonului la Bryidae**. Zigotul se divide printr-un perete transversal în două celule: una inferioară din care se diferenţiază *piciorul sporogonului* şi alta superioară care va forma prin diviziuni oblice o *celulă iniţială bivalentă* ce va genera mai multe segmente. În acest stadiu embrionul are aspectul unui mic cilindru cu capetele rotunjite. Partea inferioară a embrionului pătrunde în axa gametofitului, în timp ce partea superioară se dezvoltă presînd asupra peretelui arhegonului. Într-o anumită fază de dezvoltare fiecare cvadrant este divizat printr-un perete longitudinal în cîte doi cvadranţi, astfel că embrionul, privit de sus, apare format din patru cvadranţi numiţi *cvadranţii primitivi* (fig. 272). Diferenţierea ulterioară a cvadranţilor variază. La *Funaria hygrometrica* fiecare cvadrant primitiv se divide prin cîte un perete periclinal formîndu-se astfel patru celule centrale şi patru celule periferice. Toate celulele periferice ale masivului embrionar alcătuiesc *amfiteciul*, iar toate cele centrale formează *endoteciul* (pătratul fundamental).

Celulele amfiteciului continuă să se dividă la început prin pereţi radiali formînd opt celule, iar mai tîrziu fiecare celulă se divide printr-un perete periclinal. Stratul extern al amfiteciului prin diviziuni ulterioare va da naştere *peretelui capsulei* care este tetrastratificat, iar stratul amfitecial intern va forma *sacul sporifer extern*, tristratificat.

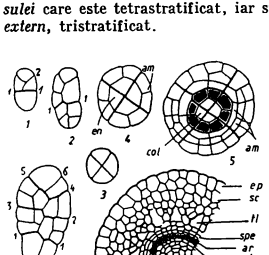



Fig. 272. Originea sporogonului la *Funaria hygrometrica:*
*1, 2* — primele diviziuni ale zigotului; *3* — secţiune transversală prin zigot; *4, 7* — stadii mai avansate; diferenţierea endoteciului şi a amfiteciului; *5* — diferenţierea arhesporului şi a columelei; *6* — secţiune transversală prin capsula formată: *ar* — arhespor; *am* — amfiteciu; *col* — columelă; *en* — endoteciu; *ep* — epidermă; *sc* — scoarţă; *spe* — sac sporifer extern; *spi* — sac sporifer intern; *fl* — ţesut lacunos (d. I. Grinţescu).



Digitized by Arhiva pentru Ştiinţă şi Tehnologie

Straturile parietale ale capsulei crescînd mai repede decît cele ale sacului sporifer extern, produc o ruptură a acestuia, ceea ce duce la formarea *spațiului intercelular* al capsulei; unele celule se divid însă formînd filamente de legătură.

La briidele stegocarpe peristomul și inelul se formează din amfiteciu, cu mici deosebiri la diferite grupe.

Din endoteciu se diferențiază *columela*, *sacul sporifer intern* și *arhesporul*. La *Funaria* sp. celulele pătratului fundamental se divid prin doi pereți perpendiculari (unul periclinal și altul anticlinal) formîndu-se astfel patru celule interne numite *pătratul columelei* și opt celule externe. Prin diviziuni repetate, din pătratul intern se formează *columela*, iar din celulele externe rezultă două straturi de celule. Stratul intern devine *sac sporifer intern*, iar cel extern constituie *arhesporul* format din celule mame ale sporilor. La maturitate pereții acestor celule se gelifică și celulele devenind libere sînt înglobate într-un lichid care umple spațiul dintre cei doi saci sporiferi. Odată cu formarea tetradelor rezultă sporii care la briide nu sînt însoțiți de elatere.

La alte genuri ca *Phascum*, sacul sporifer intern se diferențiază din celulele periferice ale columelei.

**Structura și originea sporogonului la Andreaeales.** Acestea se deosebesc de briide prin faptul că sporogonul lor este situat pe o prelungire a axei frunzoase numită *pseudopodiu*. Seta este complet redusă, caliptra este de asemenea foarte redusă, iar capsula nu prezintă nici opercul și nici peristom. Arhesporul are forma unui clopot, iar țesutul lacunos lipsește. Dehiscența capsulei este valvicidă (*schizocarpă*) ca și la unele jungermaniale.

La andreale arhesporul s-a diferențiat din endoteciu și are forma unui clopot care acoperă columela. Sacul sporifer extern are origine amfitecială, ca și la briide.

**Structura și originea sporogonului la Sphagnidae.** Și la acești mușchi frunzoși sporogonul este fixat pe un pseudopodiu în care este înfipt haustorul. Capsula este sferică dar nu are caliptră, setă și nici peristom; epiderma capsulei prezintă stomate rudimentare. Deschiderea capsulei se face printr-un căpăcel. Arhesporul stratificat are forma unui clopot, iar țesutul lacunos lipsește. La sfagnide arhesporul

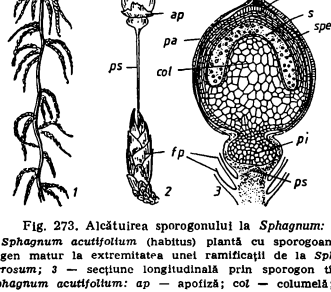



Fig. 273. Alcătuirea sporogonului la *Sphagnum:*
*1 — Sphagnum acutifolium* (habitus) plantă cu sporogoane; *2* — sporogen matur la extremitatea unei ramificații de la *Sphagnum squarrosum*; *3* — secțiune longitudinală prin sporogon tînăr de la *Sphagnum acutifolium: ap* — apofiză; *col* — columelă; *fp* — frunze perichețiale; *g* — gîtul arhegonului; *op* — opercul; *pa* — peretele arhegonului; *pi* — picior; *ps* — pseudopodiu; *s* — spori; *spe* — sac sporifer extern (d. E. Strasburger).

provine din amfiteciu; se deosebesc de briide prin protonema lamelară şi prin anteridiile sferice, lung pedicelate. La briofite există un schimb de generaţii antitetic, ele sînt digenetice cu generaţii heteromorfe, sporofitul fiind dependent de gametofit (fig. 273).

## 4.4.6. Reproducerea la Pteridophyta

Ciclul evolutiv al pteridofitelor este reprezentat de o alternanţă de generaţii. Pe sporofit se diferenţiază sporangii, iar în sporangii, prin meioză, se formează meiosporii (pteridosporii), care sînt spori obligatori (gonospori).

Pteridosporii au în general forma sferică, eliptică, tetraedrică sau reniformă şi o simetrie radială sau bilaterală, după cum celula sporogenă formează o tetradă sau patru cvadranţi. Învelişul pteridosporilor este alcătuit, în general, dintr-un exospor cutinizat şi dintr-un endospor de natură celulozică. La multe specii pe exospor se depune un perispor. Exosporul este uneori prevăzut cu ornamentaţii proprii, iar alteori acestea aparţin perisporului.

La pteridofitele izospore toţi sporii sînt asemănători, iar pteridofitele heterospore prezintă micro- şi macrospori, deosebiţi din punct de vedere sexual.

Pteridosporul, ajuns în condiţii de mediu favorabile, germinează şi dă naştere unui *protal* pe care se formează organele sexuale (anteridiile şi arhegoanele). După fecundaţie zigotul nu se desprinde de protal, ci creşte şi se transformă într-un *embrion* care dezvoltîndu-se devine o plantulă, adică un sporofit tînăr.

Pteridofitele izospore cuprind: *Psilophytales, Psilotales, Lycopodiales, Filicatae eusporangiate, Filicatae leptosporangiatae, Equisetales* recente, precum şi: *Primofilices, Sphenophyllales* (p.p.) şi *Equisetales* fosile.

Pteridofitele heterospore cuprind: *Selaginellales, Isoetales, Hydropterides* şi în general *Lepidodendrales*, unele *Sphenophyllales* şi unele *Equisetales* fosile.

**Reproducerea la ferigile izospore**. 1. *Psilofitalele* — cele mai primitive ferigi — aveau cormul vascularizat, dar complet lipsit de frunze. Sporangii lor (*telomi fertili*) erau situaţi la vîrfurile ramificaţiilor cormului (fig. 274), iar pereţii spo-

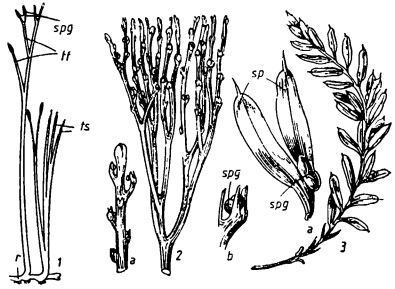



Fig. 274. Habitusul de la *Rhynia:* (*1*); *2* — partea terminală cu sporangi de la *Psilotum triquetrum: A* — ramură fertilă; *B* — sinangiu; *3* — ramură de *Tmesipteris tannensis: a* — sporofile cu sinangiu; *r* — rizom; *st* — sinangiu; *sp* — sporofile; *spg* — sporange; *tf* — telomi fertili; *ts* — telomi sterili (d. I. Grinţescu).

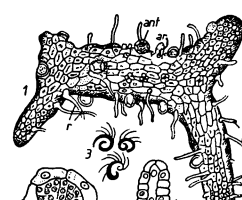



Fig. 275. *Psilotum triquetrum:*
*1* — protal; *2* — anteridie; *3* — anterozoizi; *4* — arhegon (secțiune longitudinală); *ant* — anteridie; *ar* — arhegon; *r* — rizoizi (d. I. Grințescu).

rangilor erau diferențiați într-o epidermă și un fel de tapet format din celule tabulare care înconjoară un țesut sporifer cu rol în nutriția sporilor. Psilofitalele, pteridofite eusporangiate (la care sporangele se diferențiază dintr-o grupă de celule), prezentau în interiorul sporangelui tetrade de izospori; la *Horneophyton* sp. s-a găsit în sporange un țesut central ca un fel de columelă.

2. *Psilotales* sînt pteridofite izospore recente prevăzute cu frunze (fig. 275). Sporangii lor sînt situați pe pediceli scurți și dispuși în grupe terminale concrescute (*sinangii*). Sporangii au pereții groși, conțin izospori, dar sînt lipsiți de celule tapet.

Gametofitul lor este reprezentat de un protal mic (2—20 mm lungime) lipsit de cloroplaste, care a rezultat din germinarea pteridosporului.

Protalul psilotalelor se dezvoltă în pămînt în simbioză cu ciuperci endofite (micotrofie); el prezintă numeroși rizoizi care se formează pe toate fețele.

Anteridiile și arhegoanele se formează pe același protal; anterozoizii sînt poliflagelați.

Embrionul este orientat *exoscopic* adică cu vîrful tulpinței spre gîtul arhegonului și nu prezintă suspensor.

3. *Filicatae*. La toate formele fosile (*Primofilices*) axele, în afară de frunzulițele lor dihotomice, purtau sporangi terminali dispuși în grupe dihotomice. Peretele sporangelui era stratificat; la partea apicală era format din celule cu pereți subțiri pe locul de deschidere. Spre bază peretele sporangelui era alcătuit din celule cu pereții îngroșați constituind un fel de inel format dintr-un șir de celule higroscopice, specializate, cu rol în deschiderea sporangelui.

La filicatele eusporangiate (*Ophioglossales* și *Marattiales*) vîrfurile vegetative sînt alcătuite din mai multe celule inițiale. La ofioglosale se formează în fiecare an cîte o frunză divizată într-o parte sterilă și una fertilă, care pornește de la baza părții sterile ce funcționează ca organ asimilator. La *Ophioglossum* sp. partea fertilă este cilindrică, în timp ce la *Botrychium* sp. este penat ramificată; fiecare ramificație prezintă un anumit număr de sporangi marginali.

La ofioglosale peretele sporangelui este stratificat și rezistent, iar deschiderea sporangelui se face la vîrful lui printr-o crăpătură longitudinală; ele sînt izospore.

Ofioglosalele au protalul subteran, tuberiform și trăiește în simbioză cu ciuperci.

La *Ophioglossum* sp. protalul este cilindric, simplu sau ramificat și cu o simetrie radială; el crește printr-o singură celulă inițială; la *Botrychium* sp. protalul este mic și oval sau cordiform.

La *Ophioglossaceae* protalul este sinecic, iar determinarea sexului este fenotipică. Gametangiile se diferențiază în general pe fața superioară a protalului, fiind



CarteAdmin 2013

cufundate în protal. Anteridiile ieşite în relief sînt formate dintr-un complex de celule spermatogene; la maturitate se deschid prin gelificarea celulei capac. Anterozoizii sînt pluriflagelaţi şi spiralaţi. Atît anteridia, cît şi arhegonul îşi au originea în cîte o celulă superficială a protalului. Gîtul arhegonului iese puţin în relief la suprafaţa protalului şi după gelificarea celulei canalului, el se deschide permiţînd astfel pătrunderea anterozoizilor la oosferă. După fecundaţie zigotul rezultat se transformă într-un *embrion exoscopic*. Embrionul poate trăi mai mulţi ani în pămînt şi în timpul dezvoltării lui primul organ care se diferenţiază este radicula, urmată de tulpiniţă şi prima frunză.

La *Marattiales* sporangii sînt situaţi pe faţa inferioară a frunzelor (sporofilelor) şi au pereţii stratificaţi. La aceste ferigi are loc o concreştere laterală a sporangilor formînd *sinangii*. Sinangiile sînt prevăzute cu un înveliş *indusie* (lat. *inducere* = a îmbrăca). Sporangii se deschid printr-o crăpătură ventrală sau apicală, iar la unele maraţiale apar urmele unui inel. Protalul este lamelar, cordiform; trăieşte în simbioză cu ciuperci endofite. Anteridiile se formează pe ambele feţe ale protalului, iar arhegoanele numai pe faţa inferioară a acestuia.

Embrionul este *endoscopic*, adică vîrful tulpiniţei este orientat de la început spre baza arhegonului; la unele specii prezintă suspensor.

Osmundaceele fac trecerea dintre ferigile eusporangiate şi cele leptosporangiate. Vîrfurile lor vegetative sînt alcătuite din mai multe celule iniţiale. Sporangii sînt dispuşi izolat pe pediceli scurţi, pe faţa inferioară a sporofilelor; pereţii lor sînt stratificaţi şi în loc de *inel* prezintă un grup de celule cu pereţii îngroşaţi.

Protalul este de asemenea peren şi numai parţial stratificat, ceea ce indică o asemănare cu filicatele eusporangiate.

Anteridiile şi arhegoanele sînt aşezate la suprafaţa protalului şi au aceeaşi structură ca cele de la filicatele leptosporangiate. Spre deosebire de ferigile prezentate anterior, embrionul de la osmundale este orientat transversal, adică are o poziţie oblică faţă de axa longitudinală a arhegonului.

La filicatele leptosporangiate, spre deosebire de cele eusporangiate, creşterea axelor, frunzelor şi dezvoltarea sporangilor se face pornind de la o singură celulă iniţială.

Axele şi peţiolii frunzelor sînt prevăzuţi adesea cu scvame membranoase *paleae* (lat. *palea* = pleavă) formate dintr-un singur strat de celule. Sporofilele sînt asemănătoare cu trofofilele şi numai la *Blechnum spicant* există o deosebire între organele fertile şi cele sterile. Sporangii grupaţi în *sori* sînt situaţi pe faţa inferioară a trofofilelor. Sorii sînt aşezaţi pe placentă — o proeminenţă a ţesutului frunzei, numită şi *receptacul*. Ei sînt acoperiţi şi protejaţi la multe specii, înainte de maturitate, de o formaţiune membranoasă — *induzie* de natură epidermală sau rezultată din marginea îndoită a frunzelor.

Sporangele este alcătuit dintr-un pedicel (stil) şi o capsulă. Stilul este pluricelular. Capsula are la exterior un înveliş unistratificat care prezintă în planul median un inel mecanic longitudinal incomplet numit *annulus*. În interiorul capsulei se află un tapet şi un ţesut sporogen. În peretele unui sporange se deosebesc patru segmente: segmentul I formează *antistomium* (gr. *stoma* = gură; lat. *antistomium* = partea opusă gurii) care reprezintă o parte a inelului; segmentul II constituie partea laterală; din segmentul III rezultă *stomium* şi *hypostomium*, iar segmentul apical formează o parte din *inel* şi peretele apical. Celulele inelului se recunosc prin pereţii tangenţiali şi radiali îngroşaţi. Într-un mediu uscat, pierderea apei din celulele inelului provoacă o micşorare a presiunii interne, ceea ce duce la ruperea peretelui sporangelui într-un anumit loc (*stomium*) unde rezistenţa este mai slabă. Sporii sînt puşi astfel în libertate. Dehiscenţa sporangilor reprezintă deci un fenomen fizic datorită structurii şi dispoziţiei inelului sub influenţa uscăciunii.



©BiblioBaris 2013

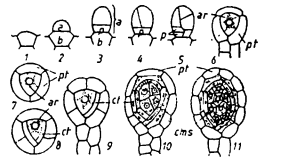



Fig. 276. Formarea sporangilor și originea sporilor la filicatele leptosporangiate:
*1* — celulă epidermică; *2, 3* — celulă epidermică în diviziune; *4* — formarea sporangelui propriu-zis; *5, 6* — faze de dezvoltare; *7, 8* — secțiuni transversale prin sporangi în dezvoltare; *9—11* — faze de dezvoltare ale sporangelui: *ar* — arhespor; *cms* — celule mame ale sporilor; *ct* — celule tapet; *pt* — peretele sporangelui (d. I. Grințescu).

Sporangele filicatelor leptosporangiate își are originea într-o celulă epidermală — celulă primordială — care se divide printr-un perete periclinal în două celule: *a, b*, (fig. 276). Celula *a* formează o papilă care se subdivide în două celule: *s, p*; celula inferioară *p* va genera *stilul*, iar cea superioară *s* divizîndu-se prin patru pereți formează celulele externe (segmente) și o celulă centrală tetraedrică (*arhespor*). Din diviziunea rapidă a acestei celule rezultă două straturi de celule care formează *tapetul*. Celula tetraedrică prin diviziuni repetate dă naștere celulelor sporogene. Din fiecare celulă sporogenă se formează prin meioză patru spori (meiospori), astfel că un sporange de la *Dryopteris filix-mas* conține 64 spori. În timpul formării sporilor celulele tapetului se gelifică formînd *epiplasma* care participă la formarea învelișului sporilor.

Pteridosporul germinînd dă naștere la două celule: una va forma primul rizoid, iar cealaltă, prin diviziuni repetate, va genera un filament scurt pluricelular, considerat ca omologul protonemei de la briofite. Acest protal filamentos se termină cu o celulă inițială în formă de *ic* care prin diviziuni repetate dă naștere protalului lamelar. La filicatele leptosporangiate protalul este cordiform și pe măsură ce se dezvoltă el prezintă mai multe celule inițiale. Toate celulele protalului conțin cloroplaste. Pe fața inferioară a protalului se formează rizoizi care servesc atît pentru fixare cît și la absorbție.

La unele *Hymenophyllaceae* (*Trichomanes* sp.) protalul este filamentos și ramificat, iar anteridiile și arhegoanele sînt situate pe ramificațiile scurte ale acestuia.

La celelalte filicate leptosporangiate anteridiile și arhegoanele se formează de obicei numai pe fața inferioară a protalului. La toate aceste ferigi protalurile sînt sinecice și numai în anumite condiții externe, ele prezintă un singur fel de gametangii (*Onoclea* sp.). Determinarea sexului este fenotipică.

La filicatele leptosporangiate anteridia este sferică și iese în relief la suprafața protalului.

La *Polypodiaceae* îndeosebi, anteridia este alcătuită din două celule ineliforme, o celulă capac și o celulă centrală. Celula centrală dă naștere la numeroase celule mici — celule spermatogene — (celule mame ale anterozoizilor). Anteridiile se deschid sub influența presiunii exercitate de celulele ineliforme mult umflate datorită substanțelor mucilaginoase pe care le conțin. Apoi celula capac se desprinde și prin deschiderea produsă celulele spermatogene ies din anteridie. Odată ajunse în apă aceste celule se deschid fiecare eliberînd cîte un anterozoid.

Arhegoanele se diferențiază pe fața stratificată a protalului unde ies în relief. Un arhegon este format dintr-o parte ventrală cufundată în protal și un gît alcătuit din patru serii de celule. Partea ventrală a arhegonului conține oosfera, iar în canalul gîtului arhegonului matur se află o substanță mucilaginoasă care înlesnește pătrunderea anterozoidului.

*Originea organelor reproducătoare la filicatele leptosporangiate.* La *Polypodiaceae* anteridiile se diferențiază pe fața inferioară a protalului pornind de la o celulă superficială. După ce aceasta crește în volum se divide printr-un perete periclinal



CC-BY-SA Unibuc 2013

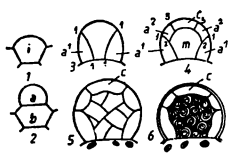


Fig. 277. Formarea anteridiei și originea anterozoizilor la *Dryopteris filix — mas:*
*1* — celulă epidermică; *2* — formarea celulei inițiale *(a)* a anteridiei; *b* — celulă protaliană; *3* — diferențierea anteridiei prin formarea primei celule ineliforme $a^1$ și a celulei mame a anteridiei; *4* — diferențierea celulei externe a celulei capac și a celulei ineliforme $a^2$; *5,6* — stadii mai avansate, la mijloc celulele fertile: c — celulă capac (d. I. Grințescu).

în două celule: *a*, *b* (fig. 277). Celula inferioară (*b*) rămîne celulă protaliană, iar *a* se divide printr-un perete în formă de pîlnie în două celule: una externă în formă de inel și una internă care este celula mamă a anteridiei. Din aceasta din urmă printr-un perete periclinal rezultă o celulă în formă de clopot din care printr-un perete inelar ia naștere celula capac (*c*) și o celulă centrală *m* care este celula fertilă.

Cele două celule ineliforme împreună cu celula capac, alcătuiesc învelișul anteridiei. Celula centrală se divide repede și generează celulele mame ale anterozoizilor (celule spermatogene).

O celulă spermatogenă suferă diverse modificări care duc în final la formarea unui anterozoid. La început în apropierea nucleului acesteia se diferențiază un corpuscul protoplasmatic care, după unii autori, ar fi de natură centrosomică. Acest corpuscul se alungește luînd aspectul unui filament răsucit în spirală pe care se formează flagelii anterozoidului. În același timp și nucleul celulei spermatogene suferă aceleași modificări și apoi se contopește cu corpusculul centrosomic, numit de unii autori *blefaroplast*.

Arhegoanele au aceeași origine cu anteridiile diferențiindu-se dintr-o celulă superficială. Aceasta se divide printr-un perete periclinal în două celule: *a*, *b* (fig. 278). Celula internă *b* este celula bazală, iar cea externă *a* se divide în două celule *a*, *d*, astfel că în acest stadiu se observă trei celule *a*, *d*, *b*, suprapuse. Celula bazală *b* participă la formarea peretelui ventral al arhegonului, iar celula mijlocie *d* generează alte două celule: una inferioară *o* care este *celula centrală* și alta superioară *c*

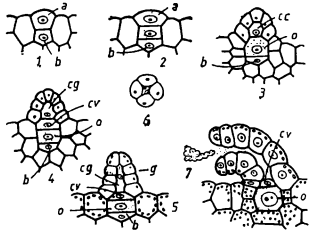


Fig. 278. Formarea arhegonului la *Dryopteris filix-mas:*
*1, 2* — diviziunea celulei superficiale care generează arhegonul: *3* — arhegon tînăr cu o celulă centrală și celula canalului; *4* — arhegon tînăr cu oosfera și celula ventrală; *5* — arhegon într-un stadiu mai avansat; *6* — secțiune transversală prin gîtul arhegonului; *7* — arhegon matur: cc — celula canalului; *cg* — celula gîtului; *cv* — celulă ventrală; *g* — gîtul arhegonului; *o* — oosferă (d. I. Grințescu).

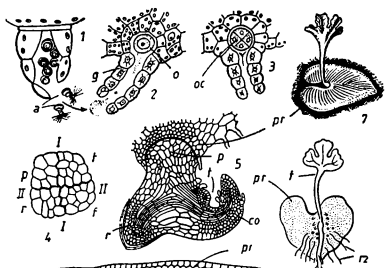



Fig. 279. Fecundația și originea embrionului la *Dryopteris filix-mas:*

*1, 2* — deschiderea anteridiei și apropierea anterozoizilor de gîtul arhegonului; *3* — divizarea zigotului în octanți; *4* — primele diviziuni ale zigotului și diferențierea embrionului; *5* — embrion de *Pteridium aquilinum* într-un stadiu de dezvoltare avansat; *6* — secțiune în protal (embrionul hașurat); *7, 8* — plantule de *Dryopteris filix-mas: a* — anterozoizi; *co* — cotiledon; *f* — frunză; *g* — gîtul arhegonului; *o* — oosferă; *oc* — octanți: *p* — picior: *pr* — protal; *r* — radicușă; *rz* — rizoizi; *t* — tulpiniță (d. I. Grințescu).

care este *celula canalului*. Celula centrală se subdivide și ea formînd două celule: una mică (*cv*) sau *celula ventrală* și alta mai mare (*o*) care reprezintă *oosfera*.

Simultan cu aceste diviziuni, celula externă *a* se divide și ea înaintea diferențierii celulei mijlocii (*d*), de două ori prin doi pereți perpendiculari, rezultînd astfel patru celule. Aceste celule prin diviziuni transversale dau naștere la patru serii de celule care alcătuiesc gîtul arhegonului. După formarea gîtului, celula mijlocie primară *d* crește pătrunzînd între celulele parietale ale gîtului unde se divide dînd naștere celulei canalului. Odată cu maturarea oosferei celula canalului și celula ventrală se gelifică dînd naștere mucilagiului care facilitează pătrunderea anterozoidului.

**Fecundația și dezvoltarea zigotului** are loc în mediul lichid, anterozoidul ajunge la gîtul arhegonului atras de mucilagiul produs de acesta (fig. 279). Ajuns în arhegon anterozoidul fuzionează cu nucleul oosferei. Zigotul format se înconjoară cu un înveliș celulozic și începe să se diferențieze dînd naștere unui embrion din care se va forma un nou sporofit.

La început zigotul se divide printr-un perete bazal (1—1) în două celule: o celulă *epibazală* și una *hipobazală*. Aceste două celule hemisferice continuă să se dividă prin cîte doi pereți perpendiculari, dintre care unul este numit *transversal*, iar celălalt *median*, încît la un moment dat se găsesc opt celule (octante). În partea epibazală a embrionului peretele transversal separă tulpinița de prima frunză (cotiledonul), iar în partea hipobazală același perete separă radicula de picior. Cele opt celule primordiale ale embrionului sînt inițialele din care vor lua naștere: prima frunză (cotiledonul), tulpinița (*t*), radicula (*r*) și un organ special numit *picior* (*p*) sau *haustor* care este fixat în protal. Piciorul servește la absorbția substanțelor nutritive din



CC-BY-NC-ND 2019

protal. După un anumit timp embrionul transformat în plantulă devine independent, atît morfologic cît și fiziologic.

Embrionul este orientat transversal. Tulpinița fiind situată la baza arhegonului este împinsă într-o parte de haustor, încît iese lateral din arhegon și crește apoi în sus din cauza geotropismului ei negativ (v. fig. 279).

**Reproducerea la ferigile heterospore.** La hidropteridale pereții sporangilor sînt subțiri, formați dintr-un singur strat de celule și lipsiți de inel. Macro- și microsporangii iau naștere la baza frunzelor în formațiuni speciale numite *sporocarpii*. La *Salviniaceae* sporocarpii conțin cîte un singur sor. Peretele sporocarpului este omolog cu induzia de la celelalte filicate.

La *Salvinia natans* sporocarpii sînt sferici și formează mici grupe la baza frunzelor radiciforme. În interiorul unui sporocarp se află o *placentă*, ca un fel de columelă sau sporangiofor, care reprezintă o parte modificată a frunzei. Peretele sporocarpului este bistratificat și lacunos. Un sporocarp conține numai microsporangi sau numai macrosporangi; prin structura lor acești sporangi se aseamănă cu sporangii filicatelor leptosporangiate. Microsporangii au stilul lung, iar macrosporangii au stilul scurt. Un microsporange conține 64 microspori înglobați într-o masă mucilaginoasă numită *epispor* (*episporium*) care a provenit din gelificarea tapetului unistratificat. În fiecare macrosporange se dezvoltă un singur macrospor. Atît microsporii, cît și macrosporii se formează cîte patru într-o ce'ulă mamă (sporogenă) la fel ca și la celelalte filicate; în macrosporange se dezvoltă însă numai una din cele patru celule fiice, dînd naștere unui macrospor, celelalte împreună cu tapetul degenerează formînd episporul.

Toamna sporocarpii se desprind de pe axă și cad pe fundul apei; între timp învelișul lor putrezește și sporangii devin astfel liberi; sporii germinează în interiorul sporangilor (fig. 280).

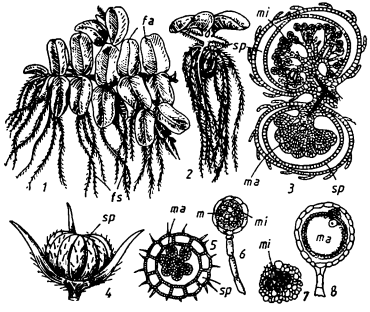



Fig. 280. *Salvinia natans:*

*1* — habitus; *2* — fragment dintr-o axă; *3* — secțiune prin două sporocarpii; *4* — sporocarp izolat; *5* — sporocarp în secțiune transversală; *6* — microsporange; *7* — patru microspori izolați; *8* — macrosporange cu macrospori: *fa* — frunze aeriene; *fs* — frunze submerse; *ma* — macrosporange; *m* — microspori; *mi* — microsporange; *sp* — sporocarp (d. I. Grințescu).



OCR Arhiva 2013

La azolacee sporocarpii se diferențiază din lobii inferiori ai primei frunze laterale. Sporocarpii în număr de 2—4 sînt protejați de o formațiune a lobului superior al frunzei.

La *Azolla* ca și la *Salvinia* un sporocarp conține microsporangi sau numai macrosporangi. În microsporange cei 64 microspori sînt înglobați în epispor formînd 5—8 formațiuni sferice numite *masule* (lat. *massula* = glomerulă).

Masulele sînt prevăzute cu niște prelungiri care se termină cu cîte două mici cîrlige numite *glohidii* (gr. *glochis* = vîrf; *eidos*-) cu ajutorul cărora ieșind din microsporangi se prind de macrospori. La maturitate macrosporul este înconjurat de un înveliș — exospor — care în partea apicală prezintă un dispozitiv plin cu aer ce îi ajută la plutire. În fiecare macrosporange se dezvoltă un singur macrospor.

La *Marsillaceae* peretele sporocarpului stratificat se formează dintr-un lob întreg al sporofilei. Epiderma sporocarpilor prezintă stomate și peri, iar sporocarpii sînt compartimentați în loje. La *Pilularia globulifera* sporocarpii prezintă cîte patru loje, iar în fiecare lojă se află cîte un sor. Într-un sor se găsesc însă atît microcît și macrosporangi. Sporocarpii germinează în apă. Țesutul care înconjoară sporangii se îmbibă cu apă și rupe peretele sporocarpului din care iese o masă gelatinoasă împreună cu sporangii. Sporii sînt puși în libertate tot prin gelificarea pereților sporangelui. Microsporangii conțin numeroși microspori, în timp ce macrosporangii au un singur macrospor. Din germinarea micro- și macrosporilor rezultă protaluri masculine și feminine.

La hidropteridale protalurile sînt foarte reduse; cele masculine sînt formate numai din cîteva celule.

Distribuția sexelor la aceste ferigi se face în diplofază, adică în momentul formării sporilor (*Salvinia* sp.) sau la formarea sporangilor (*Marsilea* sp.).

La salviniacee microsporul dă naștere unui protal ♂ din cîteva celule pe care se diferențiază două anteridii cu cîte 6—8 anterozoizi care sînt puși în libertate prin ruperea peretelui acesteia. Dezvoltarea anteridiilor are loc în interiorul microsporangelui, iar protalurile formate presează asupra peretelui acestuia pe care îl rupe în mai multe locuri.

Macrosporul germinează și el în macrosporange. Macrosporul se divide în două celule: una inferioară mare în care nucleul se divide fără formarea pereților despărțitori între nucleele fiice; în ea se acumulează substanțe de rezervă. A doua celulă, cea superioară (apicală) va genera un protal mic pluricelular ale cărei celule conțin cloroplaste.

La un moment dat învelișul macrosporului crapă în trei valve, la fel se întîmplă și cu peretele macrosporangelui, ceea ce permite protalului feminin să iasă parțial afară. Pe protal se formează 3—5 arhegoane. Din zigot se dezvoltă embrionul care formează în partea sa hipobazală un haustor. Cotiledonul embrionului de la *Salvinia natans* are forma unui săculeț care după ce s-a dezvoltat, plutește la suprafața apei.

La *Azolla* sp. protalul se formează asemănător cu cel de la *Salvinia*, cu deosebirea că pe protalul masculin se formează o singură anteridie în care se diferențiază opt anterozoizi.

La marsileacee dezvoltarea protalului și fecundarea au loc în masa mucilaginoasă în care sînt înglobați sporii. La aceste ferigi protalul masculin redus rămîne închis în microspor și dă naștere la două anteridii la fel ca la salviniacee, în fiecare anteridie formîndu-se însă cîte 10 celule spermatogene. La un moment dat învelișul microsporului crapă lăsînd să iasă anterozoizii pluriflagelați și răsuciți în spirală.



BCU Cluj/Arhiva 2013

Protalul feminin rezultat prin germinarea macrosporului este asemănător cu cel de la *Salvinia* sp., dar nu formează decît un singur arhegon. Dezvoltarea embrionului se face însă ca la filicatele eusporangiate.

Dintre articulatele fosile, *Hyeniales* sînt considerate cele mai primitive. Sporangioforii erau ramificaţi dihotomic, iar ramificaţiile acestora curbate spre axa principală purtau grupuri de sporangi alcătuind spice terminale.

La *Sphenophyllales* sporangii erau situaţi în axila sporofilelor. Acestea sînt considerate de către unii autori trofofile veritabile, iar de alţii, bractei, în acest ultim caz bracteile formau spice terminale. Peretele aporangelui era stratificat, iar sfenofilalele erau în general izospore, rar heterospore.

La *Cheirostrobales* sporofilele şi sporangii se asemănau cu cele de la sfenofilale.

Dintre articulatele actuale, la ecvisetacee, sporofilele şi trofofilele se formează pe aceeaşi tulpină ca la *Equisetum sylvaticum* sau se formează pe tulpini diferite, deosebite şi prin morfologia lor (*Equisetum arvense, E. telmateia* ş.a.).

Sporofilele sînt mici şi au forma unor scuturi hexagonale fixate printr-un stil scurt. Acestea sînt grupate în verticile la vîrful tulpinii fertile formînd un mic spic sporifer, verticilul de la baza spicului rămînînd steril. Sporangii sînt în număr de 5—10, scsili, situaţi pe faţa inferioară a sporofilelor şi se deschid prin cîte o crăpătură longitudinală. Ţesutul sporogen este protejat de un perete pluristratificat. La maturitate straturile interioare ale peretelui — tapetul — se resorb şi se transformă într-o substanţă mucilaginoasă care serveşte la formarea perisporului. Stratul periferic, însă, se menţine; el reprezintă peretele sporangelui ajuns la maturitate. Învelişul extern al sporului este alcătuit din fişii spiralate şi uşor lăţite la extremităţi numite *haptere* (gr. *haptein* — a se lipi, a se agăţa) numite şi *elatere*. Prin uscare fişiile spiralate se desfăşoară rămînînd fixate pe exospor într-un singur loc şi prin mişcările lor higroscopice servesc la diseminarea sporilor; ecvisetaceele actuale sînt izospore. În ceea ce priveşte originea sporangilor, aceştia apar ca proeminenţe mici alcătuite din cîte un masiv de celule. O celulă subepidermală din acest masiv care reprezintă arhesporul se divide de mai multe ori şi formează ţesutul sporogen din care se diferenţiază celulele mame ale sporilor; din fiecare celulă mamă se vor forma patru meiospori. Celulele epidermale care delimitează ţesutul sporogen se divid şi ele repetat formînd trei straturi: unul extern care constituie peretele sporangelui şi două interne care alcătuiesc tapetul.

La ferigile fosile din calamitacee (*Asterocalamites*) sporangii erau grupaţi la fel ca la *Equisetum*. La alte calamitacee însă verticilele fertile alternau cu cele sterile. Unele calamitacee erau izospore, iar altele heterospore.

În ceea ce priveşte protalurile de la ecvisetacee sînt verzi, ramificate, lobate şi prevăzute cu rizoizi, uneori sinecice, alteori heterecice. Uneori condiţiile de hrană pot influenţa distribuţia sexelor; o hrană insuficientă poate împiedica formarea arhegoanelor pe un protal feminin.

Protalurile masculine sînt în general mai mici şi mai puţin lobate decît cele feminine. În anteridiile ieşite în relief se diferenţiază numeroşi anterozoizi pluriflagelaţi şi răsuciţi în spirală.

Protalurile feminine sînt mai adînc lobate şi la baza lobilor dorsiventrali şi încreţiţi se formează cîteva arhegoane.

Formarea zigotului are loc în mod normal, iar orientarea embrionului este *exoscopică* (fig. 281). Primele frunze ale embrionului înconjoară vîrful vegetativ al tulpiniţei unde se află o singură celulă iniţială trilaterală piramidală.

La lepidofitele fosile sporofilele erau grupate în spice situate la extremitatea ramurilor (*Lepidodendron* sp.), pe ramuri sau trunchi (*Sigillaria* sp.). Pe axa spicului sporofilele erau aşezate spiralat sau verticilat. La unele forme primitive sporofilele alternau cu frunze sterile. În ceea ce priveşte sporangii, aceştia erau situaţi,

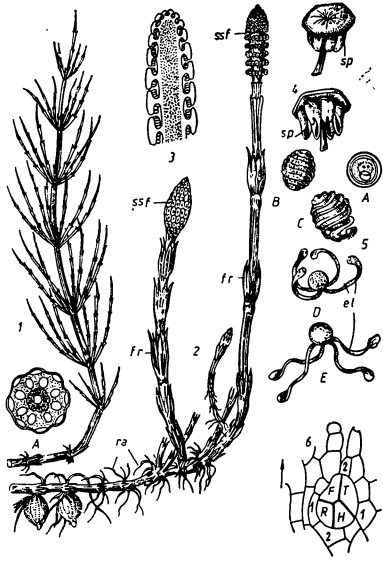



Fig. 281. *Equisetum arvense:*
*1* — tulpină sterilă: *1 A* — secțiune transcersală prin axa sterilă; *2* — tulpină fertilă; *3* — spic sporifer (secțiune longitudinală); *4* — sporofile izolate; *5* — spori în diferite stadii de dezvoltare; *A* — spor cu cele două membrane; *B—E* — spori cu elatere; *6* — embrion cu orientare exoscopică; *el* — elatere; *fv* — frunze în verticil; *F* — frunză; *H* — haustor; *R* — radiculă; *ra* — rădăcini adventive; *ssf* — spic sporifer; *sp* — sporangi; *T* — tulpină (d. I. Grințescu).

la toate lepidofitele, în axila sporofilelor, iar acestea din urmă erau prevăzute cu cîte un apendice numit *ligulă* (lat. *ligula* = limbuliță).

Unele lepidofite erau izospore; majoritatea lepidodendraceelor și sigilariaceelor erau heterospore; la *Lepidostrobus* macro- și microsporangii erau situați în același spic. Germinarea sporilor la lepidofite avea loc la fel ca la licopsidele actuale. Protalul feminin prezenta arhegoane și era adaptat la viața acvatică, ceea ce explică fecundația prin anterozoizi.

Lepidospermele erau de asemenea reprezentate prin forme fosile (*Lepidocarpon* sp.). Ele erau plante cu semințe; însă în ceea ce privește morfologia lor se apropie de cea de la lepidofite. Sporangii lor erau de asemenea dispuși axilar.



©BacAdmin 2013

Macrosporangele de la *Lepidocarpon* sp. era înconjurat de un înveliș numit *integument* sau induzie de origină macrosporofilară. Integumentul prezenta în partea sa apicală un mic orificiu numit *micropil*; (gr. *mikros-*; *pyle* = intrare). Ulterior, acest integument a devenit tegument seminal (*testa*) (lat. *testa* = înveliș).

În macrosporange era dezvoltat un singur macrospor care germina pe planta mamă și probabil și fecundația avea loc de asemenea pe planta mamă. În ceea ce privește microsporii ei germinau probabil în micropilul sporangelui, iar în momentul desprinderii macrosporofilului cu sporangele său „sămînța" el conținea zigotul. Pentru prima dată se realizează astfel o *gimnospermie* în cadrul pteridofitelor.

La pleuromeiacee, alt grup fosil de ferigi, sporofilele formau un con terminal, iar sporangii erau situați pe fața inferioară a acestora; pleuromeiaccele erau heterospore.

La *Lepidospermae* din germinarea macrosporului rezulta un protal pe care se formau arhegoanele, însă la nici una din lepidospermele cunoscute nu s-a găsit o „sămînță" cu embrion.

Dintre licopsidele actuale, la *Lycopodiales* sporofilele sînt grupate în spice sporifere situate la extremitatea ramurilor ortotrope. Ligula lipsește, iar sporofila solziformă poartă în axila sa un sporange reniform situat pe un stil foarte scurt. Sporangele se deschide printr-o crăpătură apicală. Arhesporul este uni-tristratificat și alcătuit din 6—20 celule fertile. Tapetul este bine diferențiat, iar peretele sporangelui rămîne stratificat și după resorbția celulelor tapet; licopodialele sînt izospore.

Sporii sînt tetraedrici și rămîn grupați în tetrade pînă la completa lor maturitate. Exosporul prezintă îngroșări reticulate sau punctate.

Sporangii se diferențiază dintr-o grupă de celule care formează la început o mică proeminență. Unul sau mai multe șiruri de celule epidermale se divid periclinal rezultînd șiruri de celule hipodermale care constituie *arhesporul*. Prin diviziuni repetate celulele arhesporului dau naștere celulelor mame ale sporilor. Simultan cu formarea acestora, celulele epidermale continuă să se dividă periclinal și anticlinal generînd astfel 2—3 straturi de celule; dintre acestea cel extern formează *peretele* sporangelui, iar straturile interne alcătuiesc *tapetul*.

La licopodiale sporii germinează după 6—7 ani, formînd la început un corp mic alcătuit din cîteva celule. Protalul propriu-zis se diferențiază mai tîrziu, după formarea micorizelor.

Protalurile de la licopodiale sînt foarte variate morfologic, unele fiind conice, altele cilindrice și cu ramificații tuberiforme sau se prezintă sub diverse forme.

În general, protalul acestor ferigi are aspectul unui tubercul de 1—2 cm; uneori este filamentos. Culoarea protalurilor este de obicei albicioasă, însă părțile lor aeriene conțin puține cloroplaste.

Un protal de *Lycopodium* (fig. 282) prezintă o epidermă din care se diferențiază rizoizii; urmează o scoarță formată din mai multe straturi de celule parenchimatice și apoi un țesut palisadic cu cloroplaste. Spre centrul protalului se află un țesut nutritiv bogat în substanțe de rezervă. Toate aceste țesuturi alcătuiesc partea bazală sau vegetativă a protalului. Partea apicală a protalului este reprezentată printr-un țesut numit *gametogen* pe care se formează anteridiile și arhegoanele. Protalul este sinecic, iar determinarea sexelor este haplofenotipică.

Anteridia de la *Lycopodium* sp. este pluricelulară și puțin cufundată în protal. Ea se diferențiază dintr-o celulă superficială protaliană care se divide periclinal în două celule: una externă, care prin diviziuni periclinale repetate formează peretele anteridiei și o celulă internă care se divide de mai multe ori generînd celulele mame ale anterozoizilor. În fiecare celulă mamă se formează cîte un anterozoid. Anterozoizii au forma ovală și prezintă doi flageli.



CărțiAdobe 2013

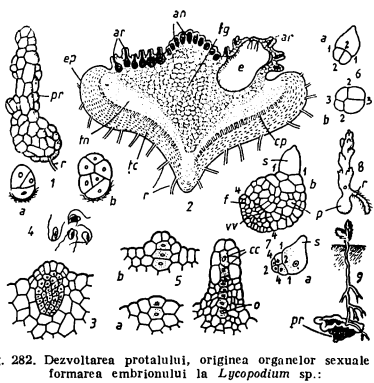



Fig. 282. Dezvoltarea protalului, originea organelor sexuale şi formarea embrionului la *Lycopodium* sp.:
*1* — dezvoltarea protalului la *Lycopodium cernuum*; *2* — protal de *Lycopodium clavatum* (secţiune longitudinală); *3* — anteridie; *4* — anterozoizi; *5* — arhegon (*A—C* — faze de dezvoltare); *6, 7* — dezvoltarea embrionului la *Lycopodium clavatum* (*6*) şi la *Lycopodium complanatum* (*7*); *8, 9* — plantule de *Lycopodium clavatum*: *an* — anteridie; *ar* — arhegon; *cc* — celulele canalului; *cp* — celule palisadice; *e* — embrion; *ep* — epidermă; *f* — frunză; *o* — oosferă; *p* — picior; *pr* — protal; *r* — rizoizi; *s* — suspensor; *tc* — ţesut cortical; *tg* — ţesut generativ; *tn* — ţesut nutritiv; *vv* — vîrf vegetativ (d. I. Grinţescu).

Arhegoanele de la *Lycopodium* sp. se diferenţiază aproape la fel cu anteridiile. Astfel, o celulă superficială protaliană se divide în două celule: una superioară din care se formează gîtul arhegonului şi alta inferioară care prin diviziuni periclinale repetate generează o serie de celule dintre care cea bazală este oosfera. Canalul gîtului arhegonului este alcătuit din aproape 20 celule şi numai la unele specii ca la *Lycopodium cernuum* canalul gîtului este redus la o singură celulă.

În momentul fecundării celulele superioare ale gîtului arhegonului sînt eliminate, ceea ce facilitează fecundaţia.

După fecundaţie zigotul se divide în două celule: una inferioară din care se diferenţiază embrionul şi alta superioară, orientată spre gîtul arhegonului, din care se formează suspensorul. Acesta are rol de fixare a embrionului în ţesutul gametogen. Orientarea embrionului este deci *endoscopică*.

Embrionul iese din protal luînd întîi o poziţie orizontală, apoi sub influenţa geotropismului tulpiniţa se orientează în sus, iar radicula în jos. La aceste ferigi partea convexă a hipocotilului are rol de *haustor*.

Prima frunză — cotiledonul — are forma unui solz şi se formează lateral lîngă vîrful tulpiniţei alcătuit din meristem. Radicula se diferenţiază lateral în imediata apropiere a suspensorului. Partea tuberiformă a embrionului din care se formează ulterior radicula şi tulpiniţa cu primele frunze se numeşte *protocorm*.

La *Selaginellales* sporofilele sînt în general asemănătoare cu trofofilele, alcătuind spice situate la extremitatea ramurilor (fig. 283). Ca şi la licopodiale sporangii

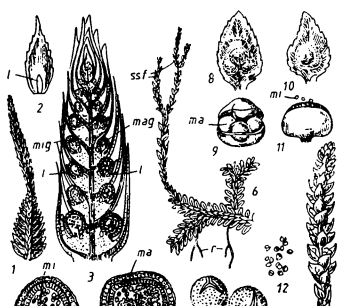



Fig. 283. *Selaginella inaequalifolia:*
*1* — spic sporifer; *2* — frunză izolată cu ligulă; *3* — secțiune longitudinal prin spic sporifer; *4, 5* — microsporange *(4)* și macrosporange *(5)* (secțiuni longitudinale); *6* — habitus de la *Selaginella helvetica;* *7* — spic sporifer; *8, 9* — macro- și microsporangii închise; *10, 11* — macro- și microsporangii deschise; *12* — microspori; *13* — macrospori: *l* — ligulă; *ma* — macrospori; *mag* — macrosporangi; *mi* — microspori; *mig* — microsporangi; *r* — rizoizi; *ssf* — spice sporifere; *ta* — tapet (d. I. Grințescu).

sînt axilari, dar uneori sînt deplasați puțin pe tulpină. La baza fiecărei sporofile se află o formațiune mică numită *ligulă*.

Selaginelalele sînt heterospore deoarece în același spic se găsesc atît microcît și macrosporangi. Microsporangii sînt ovali sau reniformi, avînd peretele alcătuit din 2—3 straturi celulare sub care se află tapetul; conțin mulți microspori.

Macrosporangii sînt de asemenea reniformi și în interiorul lor se diferențiază mai multe celule mame dintre care numai una generează patru macrospori.

Microsporul tetraedric este învelit de: *endo-*, *exo-* și *epispor*; dintre acestea episporul are trei crăpături unite la vîrful microsporului, iar exosporul corespunzător acestora prezintă trei creste.

Macrosporul este mult mai mare, aproape sferic cu învelișul din trei, uneori chiar patru straturi: *endo-*, *mezo-*, *exo-* și *perispor*. Macrosporul prezintă și el trei creste alungite care delimitează între ele un unghi de 120°.

În ceea ce privește originea sporangilor de la selaginelale, se aseamănă cu cea de la licopodiale.

Protalurile de la selaginelale sînt heterecice, iar repartizarea sexelor are loc în diplofază la formarea sporofilelor (*Selaginella* sp.). Deci la acestea există o diplosinecie cu determinarea diplofenotipică a sexelor.

La aceste ferigi microsporii germinează în interiorul microsporangelui în felul următor: el se divide întîi în două celule: una mică lenticulară care este microprotalul și numită *celulă rizoid* și alta mare care prin diviziuni ulterioare generează opt *celule parietale sterile*, lipsite de cloroplaste și 2—4 *celule centrale*. Masivul celular



CarteAdmin 2013

format, cu excepţia celulei rizoid, reprezintă o anteridie şi celulele centrale ale acesteia, prin diviziuni repetate, generează *celulele spermatogene*.

La maturitate pereţii anteridiei se gelifică, iar celulele spermatogene rămîn înglobate în acest mucilagiu. Apoi învelişul microsporului crapă şi atunci celulele spermatogene ies şi pun în libertate anterozoizii piriformi, uşor îndoiţi şi prevăzuţi cu 2 flageli. La *Selaginella kraussiana* se formează două anteridii.

Macrosporul prin germinare dă naştere macroprotalului lipsit de cloroplaste. La început protalul rămîne închis în învelişul macrosporului. Formarea protalului începe cu diviziunea nucleului rezultînd mai multe nuclee care se dispun în plasma parietală de la vîrful macrosporului. Urmează formarea învelişurilor. La un moment dat ţesutul protalului este alcătuit din două feluri de celule: celule mari în partea inferioară a protalului formînd regiunea vegetativă a acestuia; partea superioară este alcătuită din celule mici care formează ţesutul gametogen. În final, peretele gros al macrosporului crapă desfăcîndu-se în trei valve, prin care protalul feminin iese uşor în relief; în acel moment protalul prezintă trei grupe de rizoizi şi mai multe arhegoane. Canalul arhegonului conţine de obicei o singură celulă şi o singură oosferă este fecundată. Zigotul devine repede un embrion *endoscopic* prevăzut cu un suspensor. Datorită orientării embrionului cu gîtul în sus embrionul sub influenţa geotropismului îşi schimbă curînd poziţia: tulpiniţa se îndreaptă în sus, iar radicula creşte în jos.

La *Selaginellales* protocormul este mai puţin dezvoltat decît la *Lycopodiales*.

La *Isoetales* sporofilele şi trofofilele sînt aşezate în rozetă, macrosporofilele fiind la exterior, iar microsporofilele şi trofofilele sînt situate către interior. Sporofilele sînt foarte asemănătoare ca aspect. Fiecare sporofilă este prevăzută cu un singur sporange. Baza sporofilei, puţin dilatată, se numeşte *vagină*; pe faţa superioară a acesteia se găseşte o excavaţie denumită *fovea* (lat. *fovea* = groapă) şi imediat deasupra ei se află o altă excavaţie mai mică numită *cufundătură ligulară* (fig. 284).

Ţesutul care separă cele două excavaţii se numeşte *şea* (*sella*) iar restul din suprafaţa plană a vaginei se numeşte *area* (lat. *area* = un loc plan, arie). Partea şelei

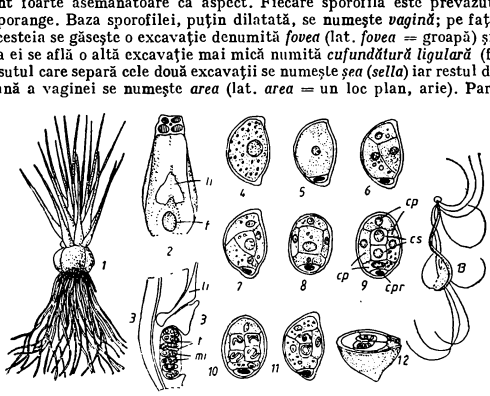



Fig. 284. *1—3: Isoetes lacustris:*
*1* — habitus; *2* — baza unei frunze secţionate, cu ligulă şi fovea; *3* — aceeaşi în secţiune longitudinală; *4—12* — dezvoltarea microprotalului şi formarea spermatozoizilor la *I. setacea; 13* — spermatozoid la *I. malinverniana: cp* — celulele peretelui; *cpr* — celulă protaliană; *cs* — celule sporagene; *f* — fovea; *li* — ligulă; *m* — microsporî; *t* — trabecule (d. E. Strasburger).

care se prelungește spre excavația ligulară se numește *labium*, iar prelungirea ei spre fovea formează un fel de *induzie*. Din cufundătura ligulară iese o prelungire numită *ligulă* care prezintă un picior denumit *glossopodium* (gr. *glossa* = limbă; *pous*-). În fovea se găsește un sporange străbătut de mai multe cordoane și lamele sterile numite *trabeculae*, care servesc ca hrană sporilor neexistînd un tapet propriuzis. Sporangele se deschide prin putrezirea peretelui său.

Microsporii de formă eliptică sînt dorsiventrali. Macrosporii sînt de formă tetraedrică și au învelișul alcătuit dintr-un perispor silicifiat, dintr-un exospor și un mezospor brun și din endospor de natură celulozică.

Formarea sporangelui începe cu diferențierea unei mici excrescențe în locul unde se va forma fovea; stratul hipodermal al acesteia este *arhesporul*. Celulele superficiale ale excrescenței vor forma peretele sporangelui, iar celulele din jur, printr-o dezvoltare mai puternică, vor forma *fovea*. Celulele arhesporului se divid neregulat formînd un masiv din care se vor diferenția un țesut steril numit *trabeculae* (lat. *trabecula* = grindă mică), precum și *țesutul sporogen*. Toate celulele țesutului sporogen dintr-un microsporange contribuie la formarea celulelor mame ale sporilor, în timp ce la macrosporangi numai anumite celule se diferențiază în celule mame ale macrosporilor. În macrosporangi, la formarea țesutului nutritiv, contribuie atît trabeculele, cît și anumite celule ale țesutului sporogen.

La isoetale protalurile sînt de asemenea heterecice și se dezvoltă în interiorul micro- și macrosporilor. Distribuția sexelor are loc în diplofază la formarea sporofilelor. Deci, la isoetale există o diplosinecie cu determinarea diplofenotipică a sexelor.

La germinare microsporul se divide în două celule: una mică, lenticulară care este celula protaliană (rizoid); cealaltă mai mare este primordiul anteridiei. Aceasta din urmă se divide formînd patru celule sterile numite *celule parietale* și două *celule centrale*; în acestea din urmă se diferențiază cîte două celule mame ale anterozoizilor, în total patru.

După gelificarea celulelor parietale ale anteridiei și crăparea învelișului microsporului, celulele mame ale anterozoizilor ies afară, se desfac și pun în libertate fiecare cîte un anterozoid pluriflagelat, răsucit în spirală.

Macrosporul germinînd începe cu diviziunea nucleelor care se dispun în plasma parietală a acestuia. Învelișurile celulare se formează ulterior, începînd de la partea superioară a macrosporului și avansînd spre bază; se formează unul sau cîteva arhegoane. În final, învelișul gros al macrosporului crapă, ceea ce face ca protalul să iasă puțin în relief (**fig. 285**).

Arhegonul se diferențiază dintr-o celulă superficială care divizîndu-se prin pereți periclinali va genera trei celule suprapuse: celula superioară va forma celulele gîtului, cea mijlocie va deveni celula canalului, iar celula inferioară va da naștere celulei ventrale și oosferei. Zigotul se transformă într-un embrion *exoscopic*, lipsit de suspensor. Dezvoltarea ulterioară a embrionului se face fără diferențiere de celule inițiale.

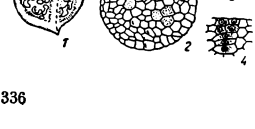



Fig. 285. Germinarea macrosporului la *Isoetales:*
*1* — macrospor de *Isoetes lacustris* înainte de germinare; *2—4* — *Isoetes echinospora: 2* — protal feminin cu un arhegon; *3, 4* — formarea arhegonului (d. I. Gințescu)

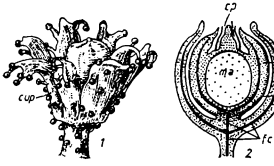



Fig. 286. *Lygtnopteris (Lagenostema) hoentng-hausii:*
reconstituire (*1*) și secțiune longitudinală prin ovul (*2*): *cp* — cameră polinică; *cu* — cupulă; *fc* — fascicule conducatoare; *ma* — macrosporange; *fs* — țesut scleros (hașurat); *teg* — tegument (d. E. Strasburger).

*Lyginopteridatae* (*Pteridospermae*, ferigi cu sămînță).

Aceste plante fosile care constituie un grup de bază în evoluția gimnospermelor erau asemănătoare ferigilor și cu cicadalele actuale dar nu prezentau flori. Ele sînt considerate că fac trecerea de la ferigi la gimnosperme și aparțin la *Cycadophytina* dintre *Gymnospermae*.

Liginopteridatele ca și ferigile au avut o mare variabilitate de forme atît în ceea ce privește aparatul vegetativ cît și cel reproducător.

Organele reproducătoare masculine erau formate din saci polinici (microsporangi sau androsporangi) situați pe trofo-sporofile. Uneori sacii polinici sînt grupați în „sinangi" pe anumite sporofile, respectiv stamine.

Sînt remarcabile progresele în alcătuirea foarte complicată a macrosporangelui. Macrosporofilele erau mai puțin divizate decît trofofilele. La unele specii din devonianul superior (*Archaeosperma*) se observă dezvoltarea ovulului dintr-un macrosporange (megasporange). La alte specii din carboniferul inferior (*Genosperma kidstonii*, *Eurystoma angulare*) are loc fuziunea progresivă a macrosporangilor sterili în jurul unui macrosporange fertil-nucela și astfel formarea primului integument.

La *Lyginopteris* ovulul era înconjurat de un înveliș format din mai multe elemente sterile care alcătuiau *cupula*. Adesea învelișul macrosporangelui diferențiat în integument concrește foarte strîns cu nucela. Ovulul prezenta în partea apicală cameră polinică din mijlocul căreia se ridica o excrescență nucelară asemănătoare cu stigmatele (fig. 286).

La aceste plante macrosporangele conținea un singur macrospor. Macrosporii rămîneau închiși în macrosporangi, iar microsporii germinau în camera polinică.

Prin faptul că la unele specii cupula este concrescută mai puternic cu sămînța și cu integumentul, seminețele la maturitate nu mai cad din cupule. Treptat la pteridospermele mai noi și la descendenții lor s-a ajuns la formarea unui al doilea integument, cel extern.

## 4.4.7. Reproducerea sexuată la fanerogame

Fanerogamele sînt plante vasculare cu *flori*, complexe de organe specializate pentru reproducere.

La începutul acestu secol, morfologul *K. Goebel* (1913), omologînd carpelele fanerogamelor cu sporofilele pteridofitelor, a ajuns la concluzia că floarea nu este decît o ramură scurtă pe care sînt fixate frunze cu sporangi.

În prezent, prin floare se înțelege un lăstar scurt (brahiblast) cu creștere limitată ale cărui frunze poartă organe de reproducere.

Majoritatea botaniștilor care interpretează floarea ca un lăstar modificat consideră elementale florale ca formațiuni apendiculare la fel cu frunzele, ambele tipuri de apendici evoluînd ca structuri independente. *A. Fahn* (1967) consideră dezvol-

tarea florii ca fiind paralelă cu cea a unei ramuri vegetative și nu derivă din aceasta.

În acest consens, vîrful unei axe purtătoare de micro- și macrosporofile, cum este cazul unor criptogame vasculare (*Selaginella* sp.) este o formă de trecere către floarea propriu-zisă a fanerogamelor.

Din punct de vedere al sexualității, fanerogamele sînt plante heterospore la fel cu unele criptogame vasculare, deoarece ca și acestea ele produc *microspori* (granule de polen) care se formează pe *microsporofile* (stamine) în *microsporangi* (saci polinici). La fel cu unele criptogame vasculare, fanerogamele produc *macrospori* denumiți la acestea din urmă *saci embrionari* formați în *macrosporangi* (ovule) formate pe *macrosporofile* (carpele).

Caracteristic pentru fanerogame este faptul că macrosporul nu se desprinde de planta mamă ca la unele criptogame vasculare; în el se formează gametul feminin și tot acolo are loc și fecundația; gameții masculini se formează în microspori.

După fecundație macrosporangele (ovulul) se transformă în sămînță, care odată formată se desprinde de planta mamă.

La fanerogame zigotul se formează prin oogamie și anume prin contopirea a doi anizogameți: gametul masculin numit spermatozoid cînd este flagelat sau spermatie cînd este lipsit de flageli, cu cel feminin numit oos eră, imobilizat în arhegon (*Gymnospermae*) sau în sacul embrionar (*Angiospermae*).

La fanerogame există un schimb de generații antitetic ca și la pteridofite. Deosebirea constă în faptul că atît protalul masculin din granulul de polen, cît și protalul feminin închis în sacul embrionar, sînt reduse și lipsite de independență fiziologică; în schimb sporofitul atinge maximum de dezvoltare.

### 4.4.7.1. Reproducerea sexuată la Gymnospermae*

Gimnospermele sînt fanerogame deoarece prezintă flori, dar sînt arhegoniate fiindcă în ovulele lor se găsesc arhegoane asemănătoare cu cele de la criptogamele vasculare.

**Floarea și organele de reproducere la gimnosperme.** Floarea gimnospermelor în formă de con este lipsită de periant sau acesta este foarte redus (*Gnetatae*).

Sînt *unisexuate* (dicline), dioice, monoice (*Pinaceae*), rar bisexuate (unele *Bennettitales*).

După *Weltstein*, florile masculine sînt dispuse la extremitatea ramurilor în inflorescențe simple: rămurica ce poartă staminele și este privăzută la bază cu două frunzulițe membranoase (bractei) reprezintă o floare. În ceea ce privește conul feminin acesta este considerat ca o inflorescență simplă; bractea, solzul fertil (carpelar) și ovulele formează o floare feminină.

**Florile masculine la Pinus sylvestris.** La pin florile masculine sînt grupate la extremitatea unor rămurele formînd un racem (fig. 287). Fiecare floare ♂ este alcătuită dintr-o axă pe care sînt așezate în spirală numeroase stamine (microsporofile), la bază cu două bractei (hipsofile).

O stamină de pin are forma unui solz cu doi saci polinici (microsporangi) pe fața inferioară. La maturitate sacii polinici se deschid printr-o crăpătură longitudinală și pun în libertate granulele de polen. La *Pinus* sp. granula de polen are un înveliș dublu: unul extern, gros și cutinizat numit *exină* și altul intern, subțire și celulozic numit *intină*. Pe părțile laterale exina se desprinde de intină formînd

* (gr. *gymnos* = gol, nud; *sperma*-)



CarteAbane 2013

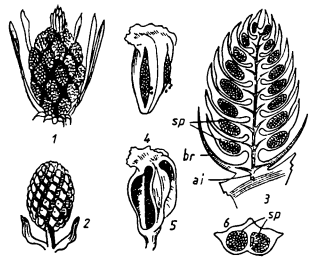



Fig. 287. Inflorescență masculină de la *Pinus sylvestris* (*1*);
*2* — floare masculină izolată; *3* — floare masculină (secțiune longitudinală); *4* stamină cu sacii polinici deschiși; *5* — stamină cu sacii polinici goliți de polen; *6* — anteră (secțiune transversală): *ai* — axa inflorescenței; *br* — bractee; *sp* — saci polinici (d. I. Grințescu).

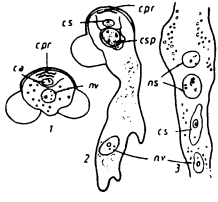



Fig. 288. Structura și germinarea granulei de polen de la gimnosperme:
*1* — granulă de polen de la *Pinus laricio* înainte de germinație; *2* — formarea tubului polinic; *3* — fragment din tubul polinic de la *Picea abies* cu cele două nuclee spermatice: *ca* — celulă anteridială; *cpr* — celulă protaliană; *cs* — celulă sterilă; *csp* — celulă spermatogenă; *ns* — nuclee spermatice; *nv* — nucleu vegetativ (d. I. Grințescu).

2 vezicule (balonașe) pline cu aer denumite și *saci aeriferi* (fig. 288) care facilitează diseminarea polenului prin vînt*.

La început microsporul de pin conține un singur nucleu haploid; mai tîrziu nucleul se divide de două ori rezultînd patru nuclee: unul dintre aceștia *nv* rămîne în celula mare, ceilalți trei formează trei celule dintre care una *cg* este celula *generativă* sau anteridială iar celelalte două celule *p* alcătuiesc *protalul masculin*. Ulterior celula generativă se divide în două celule și anume: *o celulă sterilă cs* numită și *celulă dislocatoare* și o *celulă spermatogenă cm*. Prin deslipirea celulei dislocatoare de celulele protaliene celula spermatogenă devine liberă. După un anumit interval de timp celula spermatogenă se divide dînd naștere la două *nuclee generative* sau spermatice *ns*, omologe cu anterozoizii pteridofitelor (fig. 288).

**Florile masculine de la alte gimnosperme.** În general florile masculine ale altor conifere sînt alcătuite la fel cu cele de la pin, deosebirea constînd în numărul sacilor polinici: la *Cupressus* sp. sînt 2—4 saci polinici; la *Juniperus* sp. 4—6 saci polinici, iar la *Taxus baccata* se găsesc 5 saci polinici.

La *Zamia muricata* (*Cycadinae*) microsporofilele sînt dispuse pe o axă formînd un con asemănător cu un mic știulete de porumb. Ele au forma unor scuturi mici hexagonale care poartă pe fața inferioară numeroși saci polinici grupați în „sori".

* Dacă ne gîndim că o inflorescență masculină de pin produce cîțiva cm³ de polen, ne putem ușor imagina marea cantitate de polen produsă de un pin. Primăvara „în timpul înfloririi pinului" se știe că în jurul plantațiilor de pin silvestru, pămîntul este acoperit cu un strat subțire de polen. Pe timp ploios praful galben luat de apă este considerat greșit ca praf de pucioasă.

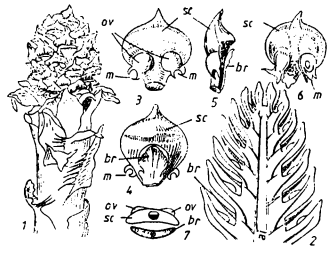



Fig. 289. Inflorescența feminină la *Pinus sylvestris* (*1*); *2* — secțiune longitudinală; *3—6* — solzi carpelari cu bractelle lor; *7* — solz carpelar cu cele două ovule și bractee (secțiune transversală): *at* — axa inflorescenței; *br* — bractee; *m* — micropil; *ov* — ovul; *sc* — solz carpelar; *st* — stamine concrescute (d. I. Grințescu).

La gnetacee staminele sînt lipite prin filamentele lor formînd mănunchiuri înconjurate de un periant din două bractei concrescute.

**Originea sacilor polinici.** La gimnosperme sacii polinici își au originea în 1—2 straturi de celule subepidermale numite *celule arhesporale* care prin diviziuni repetate (periclinale și anticlinale) dau naștere la mai multe straturi concentrice dispuse astfel: mai întîi se diferențiază stratul mecanic situat imediat sub epiderma anterei, întrucît stratul mijlociu se resoarbe; urmează un strat format din celule mari, pline cu substanțe de rezervă, alcătuind stratul tapet. Către interior, din celulele arhesporale, se formează prin diviziuni repetate un țesut sporogen alcătuit din celulele mame ale microsporilor. Fiecare celulă mamă microsporală se divide reducțional dînd naștere la patru microspori (granule de polen).

**Florile feminine de la Pinus sylvestris.** Sînt dispuse în inflorescențe simple, la vîrful unor rămurele formînd conuri feminine (fig. 289).

Conul feminin este alcătuit dintr-o axă pe care sînt așezate în spirală un anumit număr de bractei subțiri sau *solzi sterili*, la subsuoara cărora se află cîte o *macrosporofilă* (*solz fertil* sau *solz carpelar*) care poartă pe fața sa superioară doi *macrosporangi* (ovule).

După unii autori, solzul steril ar fi omolog cu macrosporofila, în timp ce solzul fertil este omolog cu ligula macrosporofilei licopodiacelor ligulate. Ipoteza este sprijinită de faptul că la unele conifere (*Cupressus*) solzii sterili sînt lipiți de solzii fertili. Unii autori consideră chiar solzul fertil din floarea conifelor ca o excrescență a celui steril.

După *Wettstein* ș.a. florile feminine ale coniferelor sînt formate din macrosporofile (carpele). După acest autor solzul fertil nu este decît o formațiune axilară, care în urma dispariției părților sterile ale macrosporofilei, se dezvoltă luînd rolul de organ protector al ovulelor.

O caracteristică esențială a gimnospermelor o constituie faptul că ovulele acestora nu sînt închise într-o carpelă îndoită (ovar), ci ele sînt descoperite și vizibile.

**Florile feminine de la alte gimnosperme** nu sînt asemănătoare cu cele de la pinul silvestru. Deosebirea constă mai ales în numărul florilor ce alcătuiesc inflorescența și în numărul ovulelor. La *Taxus* florile feminine sînt dispuse cîte una la vîrful



CC-BY-NC-SA 2013

unei ramuri scurte. Floarea feminină este redusă la un solz carpelar prevăzut cu un singur ovul ortotrop. La *Juniperus* ramurile scurte se termină cu cîte trei flori feminine reprezentate prin trei solzi carpelari, fiecare solz purtînd cîte un ovul ortotrop. La *Cupressus* inflorescența feminină este alcătuită din mai mulți solzi carpelari în axila cărora se găsesc mai multe ovule ortotrope.

Menționăm că la gimnosperme ovulele sînt ortotrope (*Taxus*) sau anatrope (*Podocarpus*) și au de obicei un singur întegument.

*Florile la Ginkgoaceae și Cycadaceae* spre deosebire de conifere sînt unisexuate *dioice.*

Prin organizarea lor, florile ginkgoaceelor și ale cicadaceelor prezintă o serie de caractere prin care se deosebesc de celelalte gimnosperme.

La *Ginkgo biloba* floarea masculină este alcătuită dintr-o axă pe care sînt dispuse numeroase stamine; fiecare stamină poartă doi saci polinici.

Florile feminine sînt formate din cîte două carpele, fiecare carpelă terminîndu-se cu cîte un ovul ortotrop. La baza ovulului se află o proeminență cărnoasă (burlet) considerată ca un rudiment de carpelă, omolog cu solzul fertil de la *Pinus* sp. sau cu arilul de la *Taxus* sp.

La *Ginkgo biloba* integumentul ovulului rămîne cărnos pînă la maturitate, însă devenit sămînță, acest ovul are aspectul unei drupe. Prin structura ovulului ginkgoaceele se apropie de taxacee, însă se deosebesc de acestea din urmă prin organele lor vegetative. Ginkgoaceele fac legătura dintre cicadacee și conifere (fig. 290).

La *Cycas circinalis* floarea masculină este alcătuită din cîte o stamină de forma unui solz cărnos îngust la bază și lat spre vîrf, care poartă numeroși saci polinici grupați cîte doi sau patru formînd *„sori"*. Toate staminele formează un con situat în vîrful tulpinii și înconjurat de numeroase frunze penate.

Florile feminine sînt alcătuite din macrosporofile penat-lobate. Lobii inferiori se transformă în ovule. O asemenea carpelă posedă 2—8 ovule ortotrope. Macrosporofilele sînt păroase și se aseamănă cu frunzele propriu-zise (fig. 291).

La *Zamia muricata* florile masculine sînt alcătuite din numeroase microsporofile peltate, hexagonale, așezate în spirală pe o axă comună. Floarea masculină se aseamănă cu un mic știulete de porumb. Fiecare stamină prezintă un mare număr de saci polinici.

Florile feminine se aseamănă cu cele masculine, însă sînt mai mari. Fiecare carpelă poartă cîte două ovule cu micropilul orientat spre axa florală.

**Florile la Gnetatae.** Prin organizarea lor florală, reprezentanții acestei clase constituie cea mai evoluată grupă a gimnospermelor. Sînt plante dioice, iar florile

Fig. 290. Ramură de *Ginkgo biloba* cu 6 flori masculine (1); 2 — fragment din axa unei flori masculine cu patru stamine; 3 — ramură cu 3 flori feminine; 4 — floare feminină; 5 — ovul (secțiune longitudinală); 6 — sămînță: b — burlet; cp — cameră polinică; enp — endosperm primar; i — întegument; m — micropil; nu — nucelă (d. I. Grințescu).

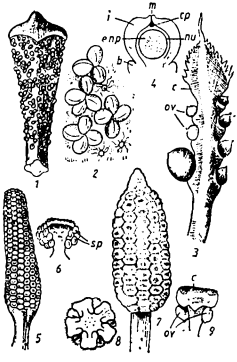



Fig. 291. *Cycas circinalis:*
*1* — staminã cu numeroşi saci polinici; *2—4* — grupe de saci polinici; *3* — carpelă cu ovule; *4* — ovul (secţiune longitudinală); *5* — *Zamia muricata:* floare masculină cu stamine dispuse spirocicilic; *6* — staminã izolată; *7* — floare femininã cu numeroase carpele; *8* — secţiune transversală prin axa unei flori feminine; *9* — carpelă izolată: *b* — burlet; *c* — carpelă; *cp* — camera polinică; *enp* — endosperm primar; *i* — întegument; *m* — micropil; *nu* — nucelă; *ov* — ovule; *sp* — saci polinici (d. I. Grinţescu).

lor sînt grupate în inflorescenţe sub formă de conuri. La *Ephedraceae* se găsesc uneori şi conuri bisexuate, iar la *Gnetaceae* se văd urme de flori hermafrodite.

La *Gnetaceae* şi *Ephedraceae* florile sînt dispuse în inflorescenţe spiciforme sau sub formă de conuri, situate în axila frunzelor.

În inflorescenţele masculine sub formă de conuri *(Welwitschia, Ephedra)* sau spiciforme *(Gnetum)*, florile se găsesc la subsuoara unor bractei. O floare masculină de la *Welwitschia* este formată din şase stamine cu filamentele parţial concrescute; anterele sînt triloculare, fiecare conţinînd trei saci polinici. În mijlocul florii masculine se află un ovul rudimentar a cărui prezenţă denotă derivarea acestei flori dintr-o floare hermafroditã.

Florile masculine de la unele *Gnetatae* mai evoluate *(Ephedraceae)* au o structură asemănătoare celor de la *Welwitschia* avînd cîte un grup de 2—8 stamine ale căror antere biloculare sînt concrescute. Fiecare floare masculină prezintă însă un periant de tip primitiv format din două foliole opuse şi concrescute la bază. Faptul că la *Ephedra* fiecare anteră conţine numai doi saci polinici constituie un caracter asemănător alcătuirii staminelor de la unele angiosperme.

La *Gnetum* atît florile masculine cît şi cele feminine sînt grupate în inflorescenţe spiciforme alcătuite din internodii scurte; la fiecare nod, în axila mai multor bractei, se găsesc numeroase flori masculine sau feminine. Florile masculine pedunculate constau dintr-un periant alcătuit din două foliole concrescute, la baza cărora se află un verticil de peri. În centrul florilor se găsesc două stamine unite prin filamentele lor încît acestea apar ca un ax staminal ce poartă în vîrf două antere uniloculare. Florile masculine de la fiecare nod sînt înconjurate de un involucru în formă de cornet rezultat de asemenea din mai multe bractei concrescute prin marginile lor (fig. 292). Florile feminine grupate în inflorescenţe de la *Welwitschia* se aseamănă cu cele de la *Gnetaceae*.

Fiecare floare femininã de la *Welwitschia* constă dintr-un ovul ortotrop protejat de două bractei concrescute.

Ovulul are două integumente terminate cu o prelungire micropilară tubuliformă asemănătoare stigmatului.



CPreda Alunis 2013

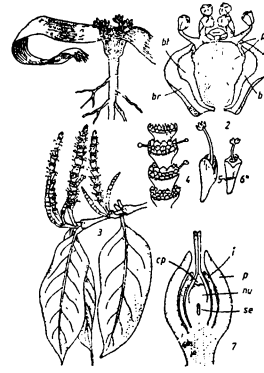



Fig. 292. *Welwitschia mirabilis:*
*1* — habitusul unei plante tinere cu inflorescențe feminine; *2* — floare masculină; *3, 4* — *Gnetum gnemon:* ramură cu inflorescențe masculine *(3)*; fragment din inflorescența verticilată cu flori masculine fertile la exterior și cu flori feminine la interior *(4)*; *5* — *Gnetum costatum*; *6* — *G. montanum:* flori masculine cu periant; *7* — *G. gnemon:* secțiune longitudinală prin floarea feminină cu periant, cu integument extern (lignificat) și intern (alungit), cu nucelă și sac embrionar: *br* — bractee; *bf* — bracteole; *cp* — cameră polinică; *i* — integument; *nu* — nucelă; *p* — periant; *se* — sac embrionar (d. E. Strasburger).

La *Gnetum* sp. o floare feminină constă dintr-un periant format din două bractei concrescute în mijlocul căruia se află un ovul ortotrop cu o structură similară celui de la *Welwitschia*.

La *Ephedraceae* florile feminine sînt de obicei grupate cîte două la vîrful unei ramuri scurte. O floare feminină este alcătuită dintr-un ovul protejat de două integumente: unul intern subțire care se prelungește tubuliform ca un stil și altul extern mai gros. Fiecare pereche de flori este înconjurată de cîteva perechi de bractei care la maturitatea semințelor formează împreună cu integumentele externe un înveliș cărnos. Învelișul extern al ovulului este interpretat ca un început de ovar incomplet închis.

La *E. campilopoda* se constată un început de dublă fecundație deoarece un nucleu spermatic fecundează oosfera, iar al doilea fecundează celula bazală a arhegonului (fig. 293).

O altă trăsătură importantă a gnetatelor constă în faptul că lemnul lor secundar este alcătuit din trahee, lipsesc canalele rezinifere, frunzele sînt opuse ș.a., ceea ce evidențiază superioritatea acestui grup și apropierea de angiosperme.

**Structura ovulului la Pinus sylvestris.** Ovulul de la pin prezintă la exterior un *integument*. La vîrful ovulului integumentul lasă un orificiu numit *micropil* care se continuă cu o cavitate, *camera polinică*. În interiorul ovulului se află un țesut omogen numit *nucelă*. În mijlocul ei se găsește un țesut alcătuit din celule pline cu substanțe de rezervă formînd *endospermul primar* sau *protalul feminin* care reprezintă *gametofitul feminin*.

În endospermul primar și anume în partea dinspre micropil se diferențiază două arhegoane mici alcătuite din mai multe celule dispuse în trei etaje. Cele două etaje superioare formează gîtul arhegonului prevăzut cu un canal plin cu un conținut mucilaginos. Arhegonul gimnospermelor denumit *corpuscul* este omolog cu arhegonul de la pteridofite (fig. 294).

**Originea endospermului primar și a oosferei la pin.** Endospermul primar ia naștere pornind de la o celulă nucelară din apropierea micropilului, care printr-o divi-

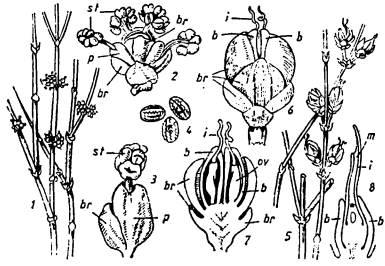



Fig. 293. *Ephedra distrachya:*
*1* — plantă masculină cu inflorescențe; *2* — grup de patru flori masculine; *3* — floare masculină izolată; *4* — trei granule de polen; *5* — plantă feminină; *6* — o pereche de flori feminine; *7* două flori feminine (secțiune longitudinală); *8* — floare feminină izolată (secțiune longitudinală): *b* — buriet; *br* — bractee; *i* — integument; *m* — micropil; *ov* — ovul; *p* — perianț; *st* — stamine concrescute (d. I. Grințescu).

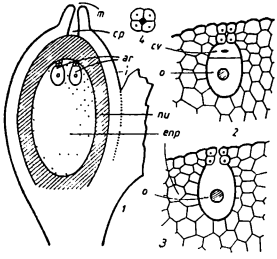



Fig. 294. Structura ovulului la *Pinus* sp. (*1*); *2*, *3* — structura arhegonului; *4* — secțiune transversală prin gîtul arhegonului; *ar* — arhegoane; *cp* — cameră polinică; *cv* — celulă ventrală; *enp* — endosperm primar; *i* — integument; *m* — micropil; *nu* — nucelă; *o* — oosferă (d. I. Grințescu).

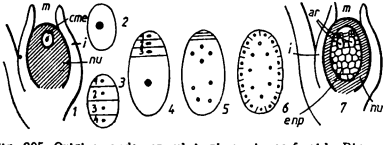



Fig. 295. Originea endospermului primar și a oosferei la *Pinus* sp.: *ar* — arhegoane; *cme* — celulă mamă a endospermului primar; *enp* — endosperm primar; *i* — integument; *m* — micropil; *nu* — nucelă (d. I. Grințescu).



@BrezAbanie 2013

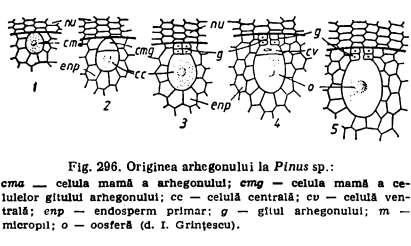



Fig. 296. Originea arhegonului la *Pinus* sp.:
*cma* — celula mamă a arhegonului; *cmg* — celula mamă a celulelor gîtului arhegonului; cc — celulă centrală; *cv* — celulă ventrală; *enp* — endosperm primar; *g* — gîtul arhegonului; *m* — micropil; *o* — oosferă (d. I. Grințescu).

ziune reducțională se divide în patru celule suprapuse haploide. Macrosporul cel mai îndepărtat de micropil crește mult; el constituie celula mamă a endospermului primar. Ceilalți trei macrospori se atrofiază și se resorb (fig. 295).

La gimnosperme celula mamă a endospermului primar este omoloagă cu macrosporul pteridofitelor.

*Endospermul primar* (*gametofitul feminin*) se diferențiază în mai multe etape dintr-un singur macrospor. Acesta crește mult în volum și nucleul lui haploid se divide liber de nenumărate ori, formînd la început o masă de nuclee libere (*etapa nucleară*). Ulterior se diferențiază pereți pecto-celulozici între nuclee (*etapa formării celulelor*) rezultînd un țesut care este *endospermul primar* și în care se acumulează substanțe de rezervă. Acest țesut este omolog cu protalul feminin al pteridofitelor, dar nu este omolog cu endospermul angiospermelor.

**Originea arhegonului la gimnosperme.** O celulă de la periferia endospermului, din apropierea micropilului, ia o dezvoltare deosebită, aceasta devenind *celula mamă* (inițială) a arhegonului. După un anumit timp această celulă se divide în două celule suprapuse *a* și *b*; celula *a* este celula mamă (primară) a gîtului arhegonului, situată spre periferia endospermului. Din această celulă, prin trei diviziuni succesive, se formează opt celule suprapuse care alcătuiesc *gîtul arhegonului*. Celula *b*, situată spre centrul endospermului, este numită și *celula centrală* și ea se divide în două celule: una superioară numită *ventrală* (celula canalului) și una inferioară care este *oosfera*. Celula ventrală se menține puțin timp, apoi se gelifică și rezultă o substanță mucilaginoasă care umple gîtul arhegonului matur (fig. 296).

La unele gimnosperme endospermul primar conține cloroplaste (*Ginkgo biloba*), fapt interpretat ca o reminiscență a gametofitului ancestral, care era independent din punct de vedere fiziologic.

**Structura ovulelor de la alte gimnosperme.** În general ovulele gimnospermelor prezintă o alcătuire asemănătoare ovulului de la pin, fiind ortotrope și mai rar anatrope (*Podocarpus* sp.). Ele sînt totdeauna *crassinucelate*, nucela fiind reprezentată printr-un masiv celular mare protejată de un integument, mai rar două (*Araucaria* sp.). Numărul arhegoanelor variază chiar în cadrul aceluiași ordin: un arhegon la *Torreya taxifolia*, 3—6 la *Cycas* și 200 la *Microcycas*, dar în general se găsesc 2—8. Numărul celulelor care formează gîtul arhegonului variază și el: la *Ephedra trifurca* el este alcătuit din 12 celule dispuse în trei etape, la *Pinus sylvestris* din opt celule situate în două etaje, iar la *Cycas* sp. numai din două celule; la *Gnetum* sp. și *Welwitschia mirabilis* arhegonul nu se formează; singura parte a arhegonului care se menține și continuă să se dezvolte este *oosfera*. La gnetine oosferele se formează la periferia endospermului primar unde se găsesc libere.



©BioAdmin 2013

### 4.4.7.2. Polenizarea și germinația polenului la Pinus sylvestris

Granula de polen adusă de vînt ajunge în camera polinică unde germinează formînd un *tub polinic*. La început celula vegetativă migrează către vîrful tubului polinic, în timp ce celula generativă se divide în două celule: una dintre acestea este celulă sterilă (celulă dislocator), iar a doua este fertilă și numită celulă spermatogenă. Aceasta se divide în două celule spermatice.

Cînd tubul polinic se alungește, extremitatea sa liberă este ocupată de celula vegetativă. Ulterior, această celulă împreună cu celulele protaliene dispar, încît în tubul polinic rămîn numai cele două celule spermatice care sînt gameții masculini.

La *Ginkgo biloba* granula de polen este formată din trei celule: o celulă mare care va da naștere tubului polinic și două celule mai mici. Una din cele două celule mici este *celula protaliană*, iar cealaltă este *celula generativă* sau *anteridială*. Aceasta din urmă se divide în două celule: o *celulă sterilă* și o *celulă fertilă* care este celula *spermatogenă*. Pînă în acest stadiu totul are loc ca la pin, cu deosebirea că la *Ginkgo* celula spermatogenă dă naștere la doi spermatozoizi; aceeași diferențiere se observă și la *Zamia* sp. (*Cycadales*).

### 4.4.7.3. Fecundația și dezvoltarea zigotului la Pinus sylvestris

Ca să ajungă la arhegon prin nucelă tubul polinic secretă o enzimă care lichefiază pereții celulari.

Ajuns la arhegon vîrful tubului polinic se gelifică și în același timp nucleul vegetativ se resoarbe. Cei doi gameți masculini părăsesc tubul polinic; unul din ei fecundează oosfera unui arhegon, iar cel de al doilea de obicei degenerează. După fecundație și formarea zigotului celulele endospermului primar se înmulțesc abundent, acumulează numeroase substanțe de rezervă și se transformă într-un țesut omolog fiziologic cu endospermul secundar al angiospermelor, fiind însă totdeauna haploid (fig. 297).

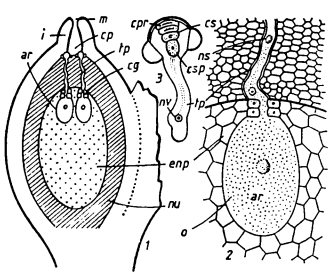



Fig. 297. Fecundația la *Pinus* sp.:
*1* — pătrunderea tubului polinic pînă la arhegon; *2* — gelificarea vîrfului tubului polinic și pătrunderea unui nucleu spermatic în arhegon; *3* — granulă de polen în momentul formării tubului polinic: *ar* — arhegoane; *cg* — celulele gîtului; *cp* — cameră polinică; *cpr* — celule protaliene; *cs* — celulă sterilă; *csp* — celulă spermatogenă; *enp* — endosperm primar; *i* — înveliș; *m* — micropil; *ns* — nucleu spermatic; *nu* — nucelă; *nv* — nucleu vegetativ; *o* — oosferă; *tp* — tub polinic (d. I. Grințescu).



OCR Arhiva 2013

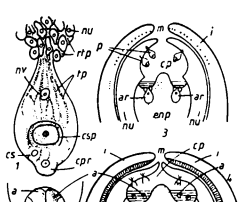



Fig. 298. Germinația polenului și fecundația la *Ginkgo biloba:*
*1* — formarea tubului polinic; *2* — doi anterozoizi; *3* — gelificarea virfurilor tuburilor polinice și pătrunderea anterozoizilor în camera polinică; *4* — stadiu avansat: *a* — anterozoizi; *ar* — arhegoane; *cp* — cameră polinică; *cpr* — celulă protaliană; *csp* — celulă spermatogenă; *cs* — celulă sterilă; *enp* — endosperm primar; *i* — integument; *m* — micropil; *nu* — nucelă; *nv* — nucleu vegetativ; *p* — polen; *ntp* — ramificații ale tubului polinic; *tp* — tub polinic (d. I. Grințescu).

**Fecundația la alte gimnosperme.** La *Abies balsamea* și la *Ephedra campylopoda*, cel de al doilea gamet masculin se contopește cu nucleul celulei ventrale. Nucleul diploid rezultat este începutul diferențierii endospermului secundar. Acest proces ar preconiza, după unii autori, dubla fecundație de la angiosperme.

Fecundația de la *Ginkgo biloba* este și mai deosebită; granula de polen germinează în camera polinică, iar tubul polinic emite prelungiri citoplasmatice care pătrund în țesutul nucelar servind atît la fixare cît și la absorbție. În camera polinică a unui ovul pot să pătrundă și să germineze, în același timp, mai multe granule de polen (fig. 298).

Celula anteridială dă naștere la doi spermatozoizi. În urma gelificării peretelui tubului polinic gameții ajung în lichidul din camera arhegonială, înoată în acest mediu lichid și ajung astfel la gîtul arhegonului. De obicei unul din gameți se contopește cu nucleul oosferei, iar celălalt degenerează sau după unii autori fiecare arhegon primește cîte un anterozoid.

Fecundația de la *Ginkgo* reamintește fecundația de la criptogamele vasculare.

La *Cycas* sp., *Zamia* sp. germinarea polenului și fecundația au loc la fel ca la *Ginkgo biloba*.

La gnetate, care sînt gimnospermele cele mai evoluate, nu se formează gameți flagelați.

La *Ephedraceae* endospermul primar conține 3—5 arhegoane, iar fiecare arhegon prezintă un gît pluricelular și un nucleu ventral.

La gnetacee în general numai celulele de la partea inferioară a endospermului primar alcătuiesc un țesut propriu-zis, iar cele de la partea inferioară rămîn răzlețe și funcționează ca oosfere, aici nefiind arhegoane.

Velviciaceele, de asemenea, nu au arhegoane tipice. În partea inferioară a endospermului primar se formează însă un țesut steril; celulele de la partea superioară a acestuia conțin 3—5 nuclee; ele formează prelungiri tubulare (tuburi protaliene) care cresc și se îndreaptă spre tubul polinic. În acest caz elementul feminin este cel care vine în întîmpinarea celui masculin, fenomen unic la plantele superioare.

### 4.4.7.4. Dezvoltarea embrionului la Pinus sylvestris

După fecundație, zigotul se divide succesiv de două ori rezultînd patru nuclee care se dispun într-un singur plan. Fazele de dezvoltare ale embrionului variază de la un gen la altul. La pin, cele patru nuclee de la baza zigotului se divid și dau naștere la opt nuclee care se dispun în două etaje; urmează formarea pereților despărțitori. În acest stadiu, primordiul embrionului numit *proembrion* este alcătuit din opt celule. Într-o fază mai avansată, datorită diviziunii fiecărei celule, proembrionul

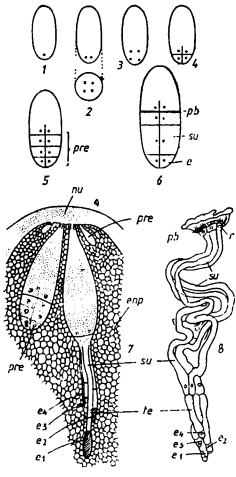



Fig. 299. Dezvoltarea embrionului la *Pinus* sp.: *1, 2* — diviziunea nucleului zigotului şi formarea celor patru nuclee dispuse într-un plan la baza acestuia; *3* — formarea celor opt nuclee situate în două etaje; *4* — formarea pereţilor despărţitori; *5, 6* — proembrion alcătuit din 12 celule separat de restul zigotului prin placa bazală; *7, 8* — dezvoltarea embrionului la *Pinus sylvestris* (*7*), la *Pinus banksiana* (*8*): *e* — embrion; *nu* — nucelă; *enp* — endosperm primar; *pb* placă bazală; *pre* — proembrioni; *r* — rozetă; *su* — suspensor; *te* — tuburi embrionare (d. I. Grinţescu).

devine 16-celular, cu celulele aşezate în patru etaje, etajul superior rămînînd însă neseparat de citoplasma zigotului.

De aici înainte urmează delimitarea etajului al 4-lea de etajul al 3-lea, numit şi *rozetă*. Se formează un perete de separaţie gros denumit *placă bazală*. Între timp celulele etajului mijlociu al proembrionului încep să se alungească dînd naştere *suspensorului*, organ care împinge proembrionul cît mai adînc în ţesutul endospermului primar bogat în substanţe de rezervă. În sfîrşit, cele patru celule ale etajului inferior al proembrionului vor da naştere embrionului. De fapt la *Pinus*, fiecare celulă din etajul inferior al proembrionului poate da naştere unui embrion, fiind astfel o *poliembrionie monozigotică*. Ulterior, cele patru celule din imediata apropiere a suspensorului cresc foarte mult dînd naştere unor celule lungi numite *tuburi embrionare*. Dintre cei patru embrioni care se diferenţiază la *Pinus*, se dezvoltă numai unul şi anume acela al cărui tub embrionar îl împinge mai adînc în ţesutul protalian; ceilalţi trei embrioni nu se mai dezvoltă şi degenerează (fig. 299).

**Dezvoltarea embrionului la alte gimnosperme.** La *Pinus* sp., *Cedrus* sp. şi *Tsuga* sp. se află o poliembrionie monozigotică prin despicarea (clivarea) proembrionului într-un anumit stadiu de evoluţie. În schimb, la *Abies* sp., *Picea* sp., *Larix* sp., *Pseudotsuga* sp. ş.a. dintr-un zigot rezultă un singur embrion; fiind fecundate oosferele mai multor arhegoane, se ajunge, în final, la o *poliembrionie polizigotică*.

În rest, diferenţierea embrionului la conifere este foarte asemănătoare cu cea a cicadinelor, cu deosebirea că numărul cotiledoanelor, este mai mare de două, mai ales la abietine.

Embrionul cicadinelor prezintă pe partea care se dezvoltă în protalul feminin două *cotiledoane* voluminoase între care se află *muguraşul* sau *plumula*. Partea embri-



CarteAdmin 2013

onului e sub cotiledoane se numește *axă hipocotilă* care se continuă cu *radicula*. La gimnosperme orientarea embrionului este *endoscopică*.

### 4.4.7.5. Sămînța la gimnosperme

Simultan cu dezvoltarea embrionului și transformarea ovulului în sămînță, solzul carpelar crește în dimensiuni și acoperă aproape complet ovulele ca la pin; formarea conului și a semințelor durează un an.

Semințele de pin sînt prevăzute cu un tegument rezistent — *testa* care protejează endospermul primar în interiorul căruia se află embrionul.

În timpul dezvoltării embrionul consumă o parte din endosperm, iar restul va fi consumat în timpul germinării seminței.

Embrionul gimnospermelor prezintă o *radiculă*, o *tulpiniță*, mai multe *cotiledoane*, iar între cotiledoane este *mugurașul* (fig. 300). Numărul cotiledoanelor variază nu numai în cadrul familiei sau genului, ci chiar de la o specie la alta în cadrul aceluiași gen.

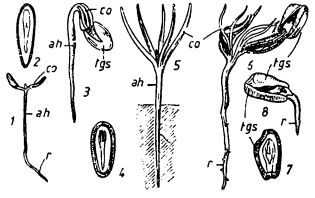



Fig. 300. Plantulă de *Thuja occidentalis* cu două cotiledoane (*1*); *2* — sămînță (secțiune longitudinală); *3* — plantulă de *Pinus sylvestris*; *4* — sămînță (secțiune longitudinală); *5* — plantulă cu cinci cotiledoane; *6* — plantulă de *Pinus pinea* cu nouă cotiledoane; *7* — sămînță (secțiune longitudinală); *8* — germinarea semințel: *ah* — axa hipocotilă; *co* — cotiledon; *r* — radiculă; *tgs* — tegument seminal (d. I. Grințescu).

La cicadacee și la gnetacee embrionul este prevăzut cu 1—2 cotiledoane. La conifere numărul cotiledoanelor este diferit: la *Thuja occidentalis* embrionul are 2 cotiledoane, la *Pinus pinea* are 9 cotiledoane, iar la *Pinus sylvestris* de la 5—12 cotiledoane.

La *Taxus baccata* ovulul este înconjurat de o formațiune cărnoasă numită *aril*. La maturitate arilul devine roșu, iar sămînța învelită în aril are aspectul unui fruct baciform. La *Ginkgo biloba* și la *Cycas revoluta* tegumentul seminal este mult dezvoltat și cărnos.

### 4.4.7.6. Omologarea organelor sexuale de la gimnosperme cu cele de la criptogamele vasculare heterospore

Dacă comparăm stamina de la *Pinus* sp. cu microsporofila de la *Selaginella* sp. (ferigă heterosporă) (fig. 301) găsim o omologie aproape perfectă. Stamina de la pin prezintă doi saci polinici, în timp ce microsporofila de la *Selaginella* poartă un singur microsporange.

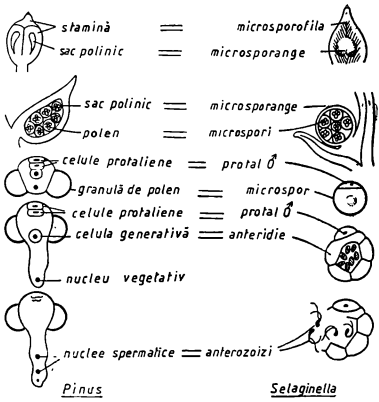



Fig. 301. Omologarea organelor sexuale masculine de la gimnosperme cu cele de la criptogamele vasculare (d. I. Grințescu).

Atît granula de polen, cît și microsporii se formează cîte patru în fiecare celulă mamă (microsporogenă) în urma meiozei.

Germinînd, microsporul de la *Selaginella* dă naștere unui protal 1—2 — celular (două la *S. kraussiana*) și la cîte 1—2 anteridii.

Granula de polen de la *Pinus* prin germinare dă naștere la un protal 2—3 celular; anteridia este însă redusă la o singură celulă (*celula generativă*) care va genera două celule: una sterilă — *celula de dislocare* și alta fertilă — *celula spermatogenă*.

Comparînd solzul carpelelor de la pin cu macrosporofila de la *Selaginella* (fig. 302) se poate de asemenea stabili următoarea omologie:

Solzul carpelar de la *Pinus* sp. cu cele două ovule corespunde cu macrosporofila de la *Selaginella* care prezintă în axilă un macrosporange. Mai departe *celula mamă* a *endospermului primar* de la *Pinus* sp. este omoloagă îu *macrosporul* de la *Selaginella* sp.

Formarea *celulei mame a endospermului primar* și a *macrosporilor* de la *Selaginella* sp. se face prin meioză.

Deosebirea esențială între criptogamele vasculare și gimnosperme constă în aceea că la primele macrosporul germinează numai după cea a fost pus în libertate, iar la gimnosperme germinează pe loc și dă naștere protalului feminin (endospermul primar) fără a părăsi macrosporangele (ovulul); la gimnosperme celula mamă a endospermului primar (omoloagă cu macrosporul) dă naștere protalului feminin (endospermul primar și arhegoanele).

Între fecundația criptogamelor vasculare și cea a gimnospermelor există o anumită omologie. La ambele grupe de plante pot fi fecundate mai multe arhegoane de pe același protal sau de pe același endosperm primar.



©Predania 2013

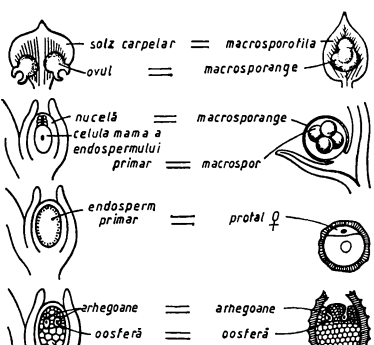



Fig. 302. Omologarea organelor sexuale feminine de la gimnosperme cu cele de la criptogamele vasculare (d. I. Grințescu).

La criptogamele vasculare macrosporul se desprinde de pe planta mamă înainte de a da naștere protalului feminin. În schimb la gimnosperme macrosporul nu se desprinde ci rămîne închis în ovul; ceea ce se despr inde ulterior este ovulul deja transformat în sămînța care conține noul sporofit, embrionul.

Prin urmare sporofitul gimnospermelor este mai dezvoltat și mai diferențiat decît sporofitul criptogamelor vasculare; gametofitul gimnospermelor a devenit o anexă a sporofitului; la gimnosperme, spre deosebire de criptogamele vasculare, microsporofilele sînt diferite morfologic față de frunzele propriu-zise (trofofile); gimnospermele prezintă flori adevărate și ca atare sînt antofite sau fanerogame; fecundația la gimnosperme se face cu ajutorul unui tub polinic deci este *sifonogamă*.

## 4.4.8. Reproducerea sexuată la angiosperme

Caracterul distinctiv al acestui mare grup de plante îl constituie faptul că macrosporofilele lor, numite *carpele* alcătuiesc organe speciale închise numite *ovare* în interiorul cărora se formează macrosporangi sau *ovule*. După fecundație ovarele se transformă în fructe, iar ovulele în *semințe*. În afară de acest caracter esențial, angiospermele (gr. *aggeion-*; *sperma-*) se deosebesc de gimnosperme (gr. *gymnos-*; *sperma-*) și prin sporofitul lor mai diferențiat. Lemnul angiospermelor este format din trahee, iar floarea, prin învelișurile ei, prezintă o organizare incomparabil superioară. Angiospermele deși sînt plante diplo-haplobionte ca și gimnospermele, gametofitul lor este extrem de redus față de sporofit, este lipsit de arhegoane și de gameți flagelați.

**Floarea la Angiospermae**. Asupra originii florii s-au emis mai multe ipoteze, dintre care două se bazează pe date paleontologice: ipoteza *euantică* și *pseudantică*.



CDeLAbris 2013

După *ipoteza euantică* sau a florii adevărate (elaborată de *C. E. Bessey* — 1893 și independent de *H. Hallier* — 1896, susținută ulterior de către *N. Arber, J. Parkin, I. Hutchinson* ș.a.), floarea angiospermelor derivă dintr-un strobil (con) metamorfozat la care partea terminală a axei s-a transformat în receptacul. Floarea primitivă a acestora este cea hermafroditâ, provenită din cea a gimnospermelor de tip *Bennettitales* din care ar fi derivat magnolialele și ranunculalele.

Această ipoteză este adoptată de cei mai mulți botaniști taxonomiști și stă la baza multor sisteme de clasificare a angiospermelor.

*Ipoteza pseudantică* (a florii false sau a inflorescenței) a fost elaborată de *R. Wettstein* și susținută de *Engler, H. Neumayer, E. Jancken, H. Karsten* ș.a.

Conform acestei ipoteze floarea angiospermelor ar fi o inflorescență simplificată, derivată din cea a unor gimnosperme evoluate (*Gnetatae* sau *Chlamydospermae*) care au reprezentanți actuali. Din floarea unisexuată a gimnospermelor a apărut floarea unisexuată a hamamelidalelor lemnoase, iar florile hermafrodite ar fi derivat din inflorescențe mixte de la același grup de gimnosperme, cu florile feminine la partea terminală și cele masculine spre bază.

### 4.4.8.1. Flori solitare și flori grupate

În cazul cel mai simplu o tulpină sau o ramură se termină cu o singură floare care reprezintă o *floare solitară* ca la *Tulipa* sp., *Anemone nemorosa* ș.a. Flori solitare sînt de asemenea florile situate cîte una în subsuoara frunzelor de pe o tulpină floriferă de la *Vinca minor* în care caz floarea solitară se numește *axilară*.

Cînd lăstarul florifer se ramifică și fiecare ramificație poartă cîte o floare, florile se numesc *grupate*. Florile grupate se pot diferenția din muguri axilari ca la *Gentiana lutea* sau provin din inflorescențe scurte ca la *Daphne mezereum* sau *Cercis siliquastrum*. În acest din urmă caz lăstarii floriferi scurți provin din muguri „adormiți" sau din muguri accesori de pe tulpinile bătrîne.

### 4.4.8.2. Inflorescențe

Majoritatea plantelor au florile grupate; modul în care ele sînt grupate pe axa tulpinală se numește *inflorescență*.

Este de remarcat că inflorescența variază de la o grupă de plante la alta, fiind însă caracteristică pentru unele familii. Astfel racemul este caracteristic pentru crucifere, fabacee; umbela pentru umbelifere; spicul pentru graminee; cima monohazială pentru boraginacee; cima dihazială pentru cariofilacee; antodiul pentru asteracee etc.

**Clasificarea inflorescențelor.** După modul de ramificație al tulpinii, precum și după ordinea în care apar florile pe ramuri inflorescențele se împart în două mari grupe: *monopodiale* și *simpodiale* (fig. 303).

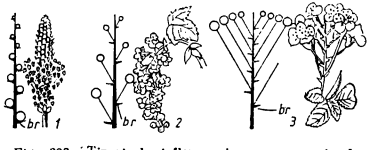



Fig. 303. Tipuri de inflorescențe racemoase simple:
*1* — spic; (*Plantago* sp.); *2* — racem (*Ribes* sp.); *3* — corimb (*Prunus mahaleb*); *br* — bractee (d. I. Grințescu).

A. *Inflorescențe monopodiale* numite și *racemoase* sau *indefinite* au axa principală cu creșterea indefinită și întotdeauna mai dezvoltată decît axele secundare. Axele secundare au o dezvoltare acropetală, adică cele mai vechi se găsesc la baza sau la periferia inflorescenței.

Din inflorescențele monopodiale fac parte următoarele tipuri:

a) *Racemul* alcătuit din flori pedicelate, inserate altern la diferite nivele ale axei. Pedicelii florali au aproape toți aceeași lungime: *Ribes* sp., *Lupinus* sp. și la multe crucifere.

b) *Spicul* are axa principală cu numeroase bractei la subsuoara cărora sînt dispuse flori scurt pedicelate, încît apar ca sesile; (*Plantago* sp.). În cazul cînd axa principală a spicului este flexibilă, pendentă și poartă flori unisexuate, inflorescența se numește *ament* (mițișor): *Salix* sp., *Populus* sp., *Betula* sp., *Juglans* sp., *Corylus* sp., ș.a.

c) *Corimbul* derivă de la racem de care se deosebește prin aceea că pedicelii florali inserați la nivele diferite sînt din ce în ce mai scurți spre vîrful inflorescenței; din această cauză florile ajung aproape toate la același nivel: *Prunus mahaleb* ș.a.; la crucifere, în special, se întîlnesc forme intermediare între racem și corimb.

d) *Spadixul* (spadice) este un fel de spic cu axa principală puternic îngroșată și cărnoasă. De obicei această inflorescență este însoțită de o bractee mare numită *spată* care învelește întreaga inflorescență. Spadixul este inflorescența caracteristică araceelor; un exemplu de spadix se întîlnește la *Arum maculatum* (fig. 304). Ca spadix poate fi considerat știuletele porumbului, cu deosebirea că aici inflorescența este protejată de mai multe bractei (hipsofile) numite pănuși.

e) *Umbela* derivă de la corimb de care se deosebește prin aceea că pedicelii florali au toți aceeași lungime și pornesc din același loc ridicîndu-se la aproape același nivel. De obicei la baza umbelei se găsesc multe bractei așezate în jurul locului de ramificație, alcătuind involucrul: *Allium ursinum*, *Primula officinalis*, *Cornus mas* ș.a.

f) *Capitulul* este o inflorescență de formă sferică sau ovoidală cu axa principală scurtă, îngroșată sau discifformă, pe care sînt inserate florile sesile sau scurt pedicelate: *Trifolium* sp., *Eryngium campestre*, *Scabiosa* sp. ș.a. Un exemplu tipic de capitul se întîlnește la *Echinops*.

g) *Calatidiul* (antodiul) este un capitul turtit, însoțit de numeroase bractei care formează un involucru. Exemple de calatidiu sînt numeroase: *Taraxacum* sp., *Bellis* sp., *Lappa major*, *Helianthus annuus* ș.a. (fig. 305).

B. *Inflorescențe simpodiale* numite și *cimoase* sau *definite* se caracterizează printr-o axă „principală" alcătuită din mai multe axe de ordine și vîrste diferite, fiecare terminîndu-se cu o floare; deci axa are creștere definită. Într-o inflorescență

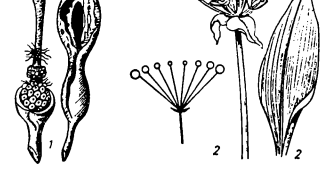



Fig. 304. Spadix la *Arum* sp. (*1*); 2 — umbelă simplă la *Allium ursinum* (d. I. Grințescu).



©PetAbaris 2013

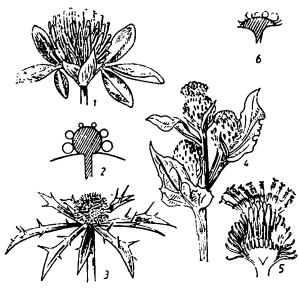


Fig. 305. Capitul: *Trifolium pratense (1); Eryngium campestre (2, 3); 4—6* — calatidiu de *Lappa major* (d. I. Grințescu).

simpodială florile se dezvoltă în sens centrifugal sau bazipetal, adică florile cele mai vechi se găsesc la vîrf sau în centrul inflorescenței, ele fiind cu atît mai tinere cu cît sînt mai îndepărtate de vîrf.

Aceste inflorescențe se împart în 3 categorii: *monohaziu* (monochasium), *dihaziu* (dichasium) și *pleiohaziu* sau *polihaziu* (pleiochasium).

1. *Monohaziul* (gr. *dichazein* = a împărți); (cimă unipară); este un simpodiu alcătuit din axe de vîrste diferite, așezate cap la cap care se diferențiază unilateral, toate fiind terminate cu cîte o floare.

Principalele forme ale monohaziului sînt:

a) *Drepaniul* (gr. *drepanion* = secere mică) (cimă unipară în formă de seceră) la care toate axele florifere se dezvoltă în același plan, anterior și în același sens: *Juncaceae* (fig. 306).

b) *Ripidiul* (gr. *rhipidion* = evantai mic) (cimă unipară în evantai) cînd axele florifere se dezvoltă de asemenea în același plan, dar alternativ în două sensuri diferite, astfel că toate ramificațiile florifere sînt situate între prima axă și cea secundară ca la *Iridaceae* (fig. 306).

c) *Bostrixul* (gr. *bostryx* = buclă) (cimă helicoidală sau în șurub), se caracterizează prin aceea că axele florifere se dezvoltă în mai multe planuri urmînd o linie

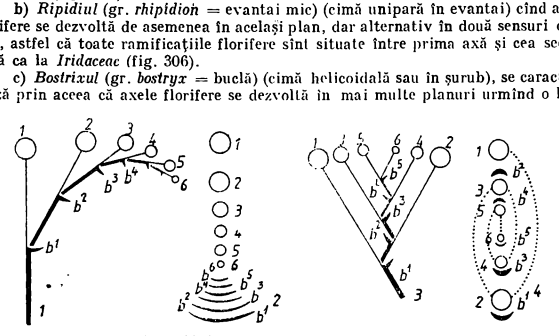


Fig. 306. Drepaniu văzut din profil (*1*):
*2* — drepaniu în proiecție: *3* — ripidiu văzut din profil; *4* — ripidiu în proiecție: $b^1$, $b^2$, *etc.* — succesiunea bracteilor; *1, 2, 3* etc. — succesiunea florilor (d. I. Grințescu).



OCR Arhiva 2013

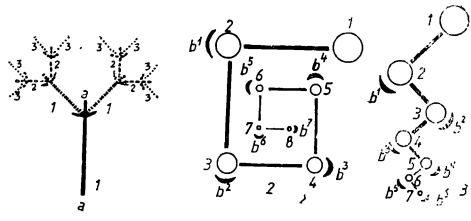


Fig. 307. Schema unui dihaziu (*1*);
*1, 2, 3* — ramificaţiuni în ordinea succesiunii lor; *2* — bostrix (proiecţie); *3* — cincin (proiecţie): $b^1$, $b^2$, $b^3$ etc. — succesiunea bracteilor; *1, 2, 3* — etc. succesiunea florilor: *a, a* — axă principală (d. I. Grinţescu).

helicoidală, spre dreapta sau spre stînga de unde provine şi denumirea inflorescenţei; *Gladiolus* sp., (fig. 307), *Hemerocallis* sp. ş.a.

d) *Cincinul* (lat. *cincinus* = buclă) (cimă scorpioidă), axele florifere succesive se dezvoltă alternativ la dreapta şi la stînga adică în planuri diferite şi transversal faţă de bracteile axelor mame respective (v. fig. 307). Cima scorpioidă caracterizează boraginaceele.

e) *Cenantiu* (coenanthium) este o cimă ale cărei ramificaţii sînt foarte scurte şi concrescute, încît alcătuiesc un disc ca la *Dorstenia* sau sînt situate într-o urnă ca la *Ficus carica* (smochin).

2. *Dihaziul* sau cima bipară numită şi cimă dihotomică falsă este tipul desăvîrşit al cimei. La această inflorescenţă axa floriferă primară se termină cu o floare care este cea mai veche. La primul nod de sub vîrful axei, la subsuoara a două bractei, pornesc două ramuri secundare egale sau aproape egale, care se termină de asemenea cu cîte o floare (v. fig. 307). Acest sistem de ramificaţie bifurcată se repetă de două sau mai multe ori.

Dihaziul este caracteristic familiilor cariofilacee şi gentianacee, dar se întîlneşte des şi la taxonii altor familii.

*Glomerulul* este o formă de cimă care derivă de la dihaziu de care se deosebeşte numai prin aceea că axele de ordin superior sînt foarte scurte. Această cimă se întîlneşte mai ales la *Centrospermae* (*Beta* sp., *Chenopodium* sp. ş.a.).

3. *Pleiohaziu* (cimă multipară) este alcătuit dintr-o axă floriferă primară care poartă subterminal axele de ordinul II, III, IV etc. dispuse în verticil (*Euphorbia helioscopia, Sedum* sp. ş.a.).

Este de remarcat că la aceste inflorescenţe racemoase sau cimoase, florile sînt situate la vîrful unor ramuri de ordinul întîi şi de aceea se şi numesc *inflorescenţe simple*.

*Inflorescenţe compuse*. Se deosebesc de cele simple prin aceea că sistemul lor de ramificaţie se repetă: florile sînt aşezate pe ramuri de ordinul al doilea sau pe ramuri de un ordin mai înalt.

Inflorescenţele compuse pot fi împărţite în: *homotactice* şi *heterotactice*.

*Inflorescenţele homotactice* se numesc astfel deoarece sînt alcătuite numai din inflorescenţe simple de acelaşi tip:

a) *Spicul compus* este caracteristic pentru graminee; spicul de grîu (*Triticum* sp.) este format dintr-un anumit număr de spice simple sau *spiculeţe* dispuse alter-

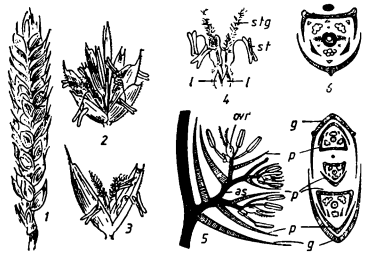



Fig. 308. Spic compus la *Triticum aestivum* (*1*);
*2* — spiculeț; *3* — floare cu două palei; *4* — floare fără palei; *5* — diagrama unui spiculeț; *6* — diagrama teoretică a florii de grîu: *as* — axa spiculețului; *g* — glume; *l* — lodicule; *p* — palei; *ovr* — ovar; *st* — stamine; *stg* — stigmat (d. I. Grințescu).

nativ pe o axă comună numită *rahis*. Fiecare spiculeț prezintă o axă proprie la baza căreia se află două bractei numite *glume* (fig. 308). Mai sus pe axa spiculețului se inseră 2—5 flori; la baza fiecărei flori se află la exterior 2 *palee* numite și *glumele* între care sînt așezate organele sexuale: trei stamine și un ovar cu două stigmate penate.

Floarea de grîu mai prezintă și două bracteole numite *lodicule* (*glumelule*) (v. fig. 308) care țin loc de periant.

La grîu deși spiculețul este alcătuit din mai multe flori, dintre acestea, de obicei, numai 2—3 sînt fertile. La *Anthoxanthum odoratum*, *Melisa* sp. ș.a. spiculețele sînt uniflore.

b) *Racemul compus* este format din mai multe raceme simple. Acest tip de inflorescență este caracteristic pentru *Cruciferae*, *Ampeloideae* (fig. 309). În cazul cînd ramificațiile racemului compus se termină cu spiculețe ca la *Avena* sp., *Bromus* sp., *Festuca* sp. și alte graminee, racemul compus se numește *panicul*.

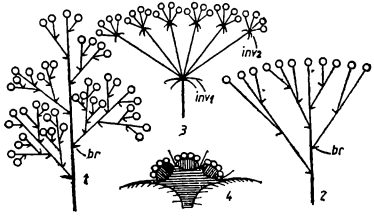



Fig. 309. Racem compus la *Vitis vinifera* (*1*);
*2* — corimb compus (*Sorbus aucuparia*); *3* — umbela compusă de la ubrelifere; *4* — catidiu compus (*Leontopodium alpinum*): *br* — bractee; *inv*¹ — involucru; *inv*² — involucel (d. I. Grințescu).

c) *Corimbul compus* este caracteristic pentru unele rozacee (*Sorbus aucuparia, Crataegus* sp., *Spiraea* sp. ş.a); se întîlneşte destul de des şi la crucifere (v. fig. 309).

d) *Umbela compusă* este inflorescenţa caracteristică celor mai multe umbelifere. Ea este prevăzută cu un *involucru* format din mai multe bractei (hipsofile). Uneori şi umbelulele sînt prevăzute cu cîte un *involucel* (v. fig. 309).

e) *Calatidiul* sau *antodiul compus* este o inflorescenţă mai puţin răspîndită. Se întîlneşte la *Leontopodium alpinum* precum şi la unele specii de *Achillea* (v. fig. 309).

f) *Ciatiul* este inflorescenţa caracteristică euforbiaceelor. La *Euphorbia peplus* ciatiul este format din trei cincine, dintre care unul miliociu alcătuit din numeroase flori masculine reprezentate prin cîte o stamină şi dintr-un ovar tricarpelar prevăzut cu un ginofor lung. Florile terminale ale celor două dihazii laterale sînt sterile.

*Dibotriile* sînt combinaţii de inflorescenţe racemoase. Dintre combinaţiile mai des întîlnite menţionăm următoarele:

1. *Spic* cu *capitule* (*Petasites officinalis*);
2. *Racem* cu *capitule* (*Chrysanthemum vulgare*);
3. *Racem* cu *spiculeţe* (*Melica uniflora*);
4. *Umbelă* cu *spic* (*Cynodon dactylon*);
5. *Racem* cu *umbele* (*Hedera helix*).

B. *Inflorescenţe heterotactice racemo-cimoase* sau *mixte*. Sînt alcătuite din două inflorescenţe simple diferite de tip racemos şi cimos; se deosebesc:

a) *Botriocimele* sînt combinaţii de inflorescenţe racemoase cu inflorescenţe cimoase; cele mai frecvente sînt următoarele:

1. *Spicul* combinat cu *dihazii* des întîlnit la labiate.

2. *Racemul* combinat cu *dihazii* este o inflorescenţă caracteristică pentru cariofilacee, dar se întîlneşte şi la oleacee (*Syringa* sp., *Ligustrum* sp.), vitacee (*Vitis vinifera*).

3. *Racemul* combinat cu *cincin* (*tirsă*) este inflorescenţa de la *Aesculus hippocastanum*.

b) Dintre *cimobotrii* menţionăm:

1. *Bostrizul* combinat cu *umbele* (*Torrilis* sp.);
2. *Bostrizul* combinat cu *capitule* (*Cichorium intybus*);
3. *Cincinul* combinat cu *raceme* (*Phytolacca decandra*);
4. *Cincinul* combinat cu *umbele* (*Chelidonium majus*).

Dintre inflorescenţele racemo-cimoase enumerate au fost menţionate numai tipurile mai des întîlnite. În natură aceste tipuri sînt reprezentate prin diferite alte forme.

*Inflorescenţe compuse anormale*. Cea mai des citată este cea de la conopidă (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). Ceea ce se consumă de la conopidă este un racem compus din ramuri florifere hipertrofiate.

*Inflorescenţa compusă din două feluri de flori*. La unele composite (*Dahlia variabilis*) calatidiul este alcătuit din două feluri de flori: cele de la periferie sînt flori mari, ligulate şi unisexuate, pe cînd cele de la mijloc sînt mici, tubuloase şi hermafrodite. Aceeaşi alcătuire prezintă şi calatidiul de la *Helianthus annuus*. Un dimorfism floral asemănător se observă şi la umbelele de *Astrantia major*.

La unele caprifoliacee (*Viburnum opulus*) inflorescenţa este de asemenea compusă din două feluri de flori: cele de la periferie sînt mari şi sterile, pe cînd cele de la mijloc sînt hermafrodite.

Prin cultură şi printr-o selecţie dirijată, s-a ajuns ca inflorescenţele de *Dahlia variabilis* şi cele de *Viburnum opulus* să fie formate dintr-un singur fel de flori. Astfel, la *Dahlia* s-a ajuns ca întreg calatidiul să fie alcătuit numai din flori ligulate. Asemenea „flori" se numesc „bătute" sau „involte". Tot aşa şi la *Viburnum*

s-a obținut transformarea inflorescenței corimbiforme într-o inflorescență globuloasă numită „bulgăre de zăpadă", ale cărei flori sînt sterile.

În general florile, fie că sînt dispuse în inflorescențe racemoase sau cimoase, sînt însoțite de bracteile de la subsuoara cărora s-au format. Există și plante la care bracteile se atrofiază sau chiar dispar fără a lăsa vreo urmă. Cu toate acestea aspectul inflorescenței este neschimbat, așa cum se observă la majoritatea crucifelor.

### 4.4.8.3. Morfologia florii la angiosperme

La o floare se deosebesc următoarele părți: *pedunculul, axa florală* (receptaculul), *periant* (caliciu și corola), *androceu* și *gineceu*.

Florile care posedă toate aceste elemente se numesc *flori complete*; dacă lipsește una din aceste părți, floarea se numește *incompletă*. Privită în spațiu o floare prezintă o parte *posterioară* înspre axa pe care s-a format și o parte *anterioară* înspre bracteea în axila căreia se găsește.

*Axa florală*. Extremitatea puțin dilatată a pedunculului pe care se inseră elementele florii se numește *axă florală* sau *receptacul* (fig. 370).

Din punct de vedere morfologic se deosebesc patru tipuri de axe florale: *cilindrică, conică* (sferică), *disciformă*, în *formă de butelie*.

*Axa florală cilindrică* poate fi: un microblast (*Cheiranthus cheiri*); o parte dintr-un microblast care poate fi: un internod distinct între caliciu și corolă (*Lychnis viscaria*); un internod distinct între corolă și androceu, numit *ginandrofor* (*Passiflora*), un internod distinct între androceu și gineceu numit *ginofor* (*Capparis spinosa, Cleome* sp.); poate prezenta în același timp un ginandrofor și un ginofor (*Gynandropsis*).

*Axa florală conică* sau *sferică* este întîlnită la *Myosurus minimus* (fig. 311), *Ranunculus* sp. (v. fig. 311) ș.a.

*Axa florală în formă de disc* sau *de cupă*; în acest caz floarea este aproape întotdeauna *perigină* (v. fig. 311). Dacă cupa este tubuliformă atunci ea se numește *hipanthium* (*Rosa* sp.) (v. fig. 311).

*Axa florală de forma unei butelii*; în acest caz floarea este *epigină* (*Galanthus nivalis*) (v. fig. 311).

În ceea ce privește structura pedunculului sau a axei florale aceasta este asemănătoare cu a unei tulpini sau ramuri.

**Periantul**. Învelișurile unei flori, indiferent dacă sînt sau nu diferențiate în caliciu și corolă, alcătuiesc *periantul*. Florile care n-au periant se numesc *nude* (golașe). Ele pot fi alcătuite numai din androceu și gineceu (*Fraxinus* sp.) sau fie numai

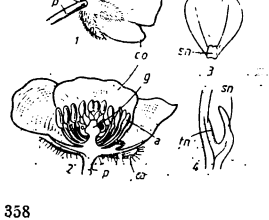



Fig. 310. Floare de *Ranunculus acer* văzută în profil (1); 2 — aceeași floare în secțiune; 3 — port nectar; 4 — secțiune la baza portnectarului: *a* — androceu; *ca* — caliciu; *co* — corolă; *g* — gineceu; *p* — pedunculi; *sn* — solz nectarifer; *tn* — țesut nectarifer (d. I. Grințescu).

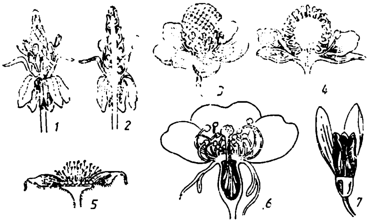



Fig. 311. Tipuri de receptacul:
1 — *Myosurus* sp.: 2 — secțiune longitudinală; 3 — *Ranunculus sceleratus;* 4 — secțiune longitudinală; 5 — *Rubus odoratus* (secțiune longitudinală); 6 — *Rosa arvensis* (secțiune longitudinală); 7 — *Galanthus nivalis* (secțiune longitudinală) (d. I. Grințescu).

din androceu, sau numai din gineceu. La florile nude periantul este adesea înlocuit prin hipsofile (*Poaceae*). În general aceste flori lipsite de învelișuri florale se mai numesc și *aclamide*, iar cînd lipsește numai caliciul sau numai corola sînt denumite *monoclamide* (*Clematis vitalba*, *Beta vulgaris* ș.a.).

Învelișul floral nediferențiat în caliciu și corolă se numește *perigon*, iar elementele componente, *tepale*. Uneori perigonul este alcătuit numai din bractei (*Luzula* sp., *Scirpus* sp.) (fig. 312). Alteori tepalele simulează petalele formînd un perigon petaloid (*Tulipa* sp., *Lilium* sp.) (v. fig. 312) etc. Perigonul poate fi alcătuit din peri (*Eriophorum* sp.) (v. fig. 312). Elementele perigonului pot fi libere (*Lilium* sp.), concrescute (*Muscari* sp.) (v. fig. 312). Alteori unele tepale ale perigonului sînt libere, iar altele parțial concrescute (*Orchis* sp.) (v. fig. 312).

*Caliciul* (Calix). Primul înveliș al florii format din frunze modificate, în general verzi, numite sepale, constituie caliciul.

*Corola* (corolla). Al doilea înveliș al florii format din frunze modificate, în general colorate, numite petale, formează corola.

*Androceul*. Totalitatea staminelor dintr-o floare formează *androceul* (gr. *andros* = bărbat).

*Gineceul*. Totalitatea carpelelor dintr-o floare alcătuiește *gineceul* (gr. *gyne*-).

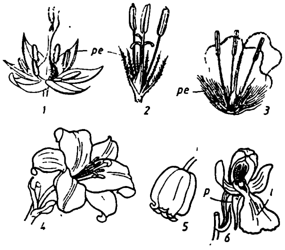



Fig. 312. Floare de *Luzula* sp. cu perigon din șase bractei (*1*);
2 — floare de *Scirpus lacustris* cu perigon din mai multe bractei înguste și păroase; 3 — floare de *Eriophorum angustifolium* cu perigonul din peri; 4 — floare de *Lilium* sp. cu tepale libere; 5 — floare de *Muscari* sp. cu tepalele concrescute; 6 — floare de *Orchis* sp.: *l* — labelum; *p* — pinten; *pe* — perigon (d. I. Grințescu).



©RedAbaris 2013

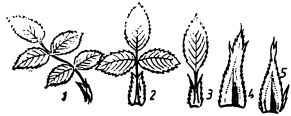


Fig. 313. Trecerea de la hipsofile la sepale la *Rosa canina* (d. I. Grințescu).

**Tipuri de flori după repartiția organelor sexuale**. Dacă o floare conține atît stamine cît și carpele se numește *hermafrodită* (gr. *Hermes* = zeul comerțului; *Aphrodite* = numele grecesc al zeiței Venus) și se notează cu semnul convențional ☿. Dacă floarea are numai stamine sau numai carpele, se numește *unisexuală*; cînd conține numai organele sexuale masculine se notează cu semnul ♂, iar cînd conține numai organele sexuale feminine, floarea se notează cu semnul ♀.

Plantele cu flori unisexuate pot fi: *monoice* (gr. *monos-*; *oikos-*) cînd florile masculine și feminine se găsesc pe același individ (*Zea mays*, *Juglans regia*, *Corylus* sp., *Quercus* sp., *Fagus* sp., *Phoenix* sp. ș.a.); *dioice* (gr. *dis-*; *oikos-*), cînd cele două tipuri de flori se găsesc separate pe indivizi diferiți: unii indivizi poartă numai flori ♂, iar alții, numai flori ♀. *Cannabis sativa* este o plantă dioică, cînepa „de vară" prezintă numai flori masculine, iar cînepa „de toamnă" numai flori feminine. De asemenea la *Urtica dioica*, *Humulus lupulus*, *Salix* sp., *Populus* sp. ș.a., florile sînt separate, unii indivizi avînd numai flori masculine, iar alții numai flori feminine; *trioice* sînt acele plante la care unii indivizi poartă numai flori feminine, iar alții flori hermafrodite, deși aparțin aceleiași specii (*Silene* sp., *Saponaria* sp. ș.a.); *poligame* sînt plantele la care pe același individ se găsesc atît flori unisexuate, cît și flori hermafrodite. La *Astrantia major* pe același individ se află umbelule, unele formate numai din flori masculine, iar altele numai din flori hermafrodite. Poligamia este foarte răspîndită la compozite și umbeliferc.

Marea majoritate a angiospermelor prezintă însă flori hermafrodite.

Întrucît elementele din care este alcătuită floarea au o mare stabilitate, ea a fost luată drept criteriu pentru stabilirea gradului de înrudire dintre genuri, triburi și familii și în separarea unităților taxonomice.

Elementele florii sînt considerate, în general, ca fiind de natură foliară, ceea ce se poate verifica ușor la o floare de *Rosa* sp. (fig. 313); la aceasta se observă trecerea de la hipsofile la sepale. La *Nymphaea alba* se poate observa trecerea de la sepale la petale și de la petale la stamine. La unele flori, cum sînt cele de *Helleborus purpurascens*, se observă trecerea de la stamine la carpele.

**Orientarea elementelor florale față de axa tulpinii**. Floarea este orientată față de axa tulpinii într-un anumit plan caracteristic pentru diferite plante. Gravitația și lumina sînt factorii principali care intervin în orientarea florii în spațiu.

La o floare situată în vîrful unui lăstar cu frunze alterne, se observă că între ultima hipsofilă și prima sepală există un unghi de divergență egal cu cel dintre frunzele normale ale unui lăstar steril de pe aceeași plantă.

În cazul cînd frunzele de pe axa floriferă sînt decusat-opuse atunci și sepalele sînt situate în alternanță cu ultima pereche de hipsofile. Aceste caracteristice morfologice sînt specifice pentru diferite grupe de plante.

La florile axilare frunza cea mai apropiată de floare se numește *bractee mamă* și de obicei ea este situată în planul median al florii.

La dicotiledonate florile axilare sînt în general însoțite și de două *bracteole* ca niște frunzulițe denumite și *prefoi*. Acestea sînt dispuse în plan transversal față de planul median al bracteei mame. La unele dicotiledonate florile prezintă o singură bracteolă (*Ranunculaceae*), iar la altele bracteolele lipsesc complet (*Cruciferae*).



CC-BY-NC-ND 2019

La monocotiledonate florile sînt în general însoțite de o singură bractee situată între bracteea mamă și floare (*Liliaceae*).

La *Poaceae*, glumela internă a spiculețului prevăzută cu două nervuri este considerată ca fiind formată din două bracteole concrescute. De asemenea, la *Galanthus* sp., *Leucojum* sp., floarea prezintă cîte două bracteole, dar acestea sînt concrescute.

Indiferent de aspectul acestora, între bracteole și primele diviziuni ale periantului există o corelație. Datorită acestui fapt, oricînd se poate determina poziția bracteolelor, în cazul cînd ele au dispărut în decursul evoluției.

### 4.4.8.4. Raportul dintre diferitele părți ale florii

Elementele florii sînt dispuse pe axa florală în aceeași ordine în care sînt situate frunzele pe tulpină. Diviziunile periantului se succed corespunzător cu regulile divergenței foliare. De exemplu, cînd caliciul este alcătuit din cinci sepale, atunci primele două sepale sînt așezate opus față de cele două bracteole (prefoi). În general, bracteolele determină locul pe care trebuie să-l ocupe prima sepală.

Urmărind succesiunea sepalelor se poate ajunge spre centrul florii pe două căi: în același sens cu mersul acelor de ceas ca la floarea de *Rosa canina*, sau în sens invers ca la *Ranunculus* sp.

În așezarea elementelor florii pe axa florală se deosebesc trei tipuri principale de flori: *spirociclice, hemiciclice* și *ciclice*.

*Spirociclice* sînt florile la care elementele sale sînt dispuse pe axa florală de-a lungul unei spirale; acest mod de așezare este considerat primitiv (*Magnoliaceae, Calycanthaceae, Ranunculaceae* ș.a.).

La o floare de *Calycanthus* sp. organele florale sînt dispuse pe o singură spirală, păstrînd aceeași divergență de la sepale pînă la carpele.

La unele ranunculacee, odată cu trecerea de la sepale la petale, se modifică și unghiul de divergență; la *Adonis* sepalele sînt așezate după divergența $\frac{2}{5}$, pe cînd petalele, staminele și carpelele după divergența $\frac{3}{8}$.

*Hemiciclice* sînt florile cu sepalele și petalele dispuse verticilat, iar staminele și carpelele spirociclic, după divergența $\frac{3}{8}$ (*Ranunculus acer*).

*Ciclice* sînt florile cele mai răspîndite; în acest caz elementele florale sînt dispuse în verticile.

În general, în dispoziția ciclică numărul verticilelor florale este de patru, cele mai multe flori fiind *tetraciclice*. Unele flori prezintă însă trei verticile; acestea se numesc *triciclice* (*Acer* sp.). Alte flori sînt alcătuite numai din două verticile; ele se numesc *diciclice* (*Fraxinus* sp.). La liliacee floarea este *pentaciclică* fiindcă androceul și perigonul sînt dispuse pe cîte două verticile; lauraceele au floarea *hexaciclică*, etc.

După numărul elementelor care alcătuiesc un ciclu florile pot fi: *dimere* (*Fumariaceae*), *trimere* (*Liliaceae*), *tetramere* (*Rubiaceae*), *pentamere* (*Primulaceae*), *hexamere* (*Lythraceae*), *polimere* (*Crassulaceae*).

În cazul cînd ciclurile unei flori sînt uniforme în ceea ce privește componența lor, floarea se numește *izomeră*: *Liliaceae* și *Juncaceae* ale căror flori sînt *trimere*; *Geraniaceae* și *Linaceae* cu florile pentamere.

În cazul cînd la o floare ciclurile nu sînt uniforme în ceea ce privește componența lor, floarea se numește *heteromeră*; *heteromeria* este foarte răspîndită la angiosperme.

Cînd unul din ciclurile unei flori este format dintr-un număr redus de elemente comparativ cu celelalte cicluri, ciclul se numește *oligomer*. Este cazul sinpetalelor la care ciclul gineceului este redus adesea la 1—2 carpele. Oligomeria ca și heteromeria este foarte răspîndită la *Angiospermae*.

În caz contrar, cînd numărul elementelor unui ciclu este mai mare față de celelalte cicluri ale florii, ciclul respectiv se numește *pleiomer* (*Althaea* sp.).

Cauzele oligomeriei și ale heteromeriei în general sînt multiple, cele mai frecvente fiind însă: avortarea, concreșterea și dedublarea elementelor care compun ciclul floral.

În ceea ce privește raportul androceului cu învelișurile florale se deosebesc următoarele tipuri:

Cînd staminele unei flori sînt dispuse într-un singur ciclu, floarea se numește *haplostemonă* (*Solanaceae*). La acest tip de flori corola este în general gamopetală, iar staminele alternează cu diviziunile corolei.

Cînd staminele sînt dispuse în două cicluri florile se numesc *diplostemone*; aceste flori sînt în general pentaciclice. La florile diplostemone verticilul extern de stamine este *episepal*, pe cînd cel intern este *epipetal*. Carpelele, în număr de cinci, alternează cu ciclul de stamine (*Primulaceae*, *Plumbaginaceae* ș.a.).

Se întîmplă însă uneori ca ciclul intern de stamine dintr-o floare diplostemonă să se reducă, ca la *Iris* sp. ș.a., ceea ce explică de ce la această floare staminele sînt episepale. Iridaceele primitive au avut probabil șase stamine dispuse pe două cicluri ca la liliaceele actuale. La *Primula* sp. ciclul extern de stamine lipsește ceea ce explică de ce la această floare staminele sînt epipetale.

Cînd androceul dintr-o floare este format din trei cicluri, floarea se numește *triplostemonă* (*Lauraceae*). În cazul cînd la o floare triplostemonă se reduce unul din cicluri, floarea se numește *obdiplostemonă*. Dacă la o floare obdiplostemonă lipsește ciclul extern, atunci ciclul mijlociu vine în contact cu corola și în acest caz staminele acestui ciclu devin epipetale ca la *Ericaceae*. În general, florile obdiplostemone sînt pentaciclice; din cele două verticile de stamine, verticilul extern este epipetal, iar cel intern este episepal (invers față de florile diplostemone). La aceste flori carpelele, în număr de cinci, alternează cu ciclul intern de stamine, dar sînt opuse petalelor (*Ericaceae*, *Pyrolaceae* ș.a.).

### 4.4.8.5. Preflorație

Modul cum învelișurile florale se acoperă unele pe altele în interiorul mugurelui floral se numește *preflorație*. Noțiunea de preflorație corespunde noțiunii de foliație (estivație) de la mugurii foliari.

Sepalele și petalele, indiferent dacă sînt libere sau concrescute, pot fi așezate în mugurele floral în moduri diferite.

Principalele tipuri de preflorație ale corolei sînt următoarele: *valvată*, *alternă*, *circinată*, *cochleară*, *imbricată* și *contortă*; fiecare dintre aceste tipuri poate prezenta și variații (fig. 314).

1. Prefloraţia *valvată* (valvară) este atunci cînd în mugurele floral petalele se ating fără a se acoperi unele pe altele (*Vitis* sp., *Malva* sp. ș.a.).

2. Prefloraţia *alternă* este aceea în care din cele patru petale ale unei corole de tip dimer, două sînt externe acoperind pe cele două interne (*Papaver* sp.).

3. Prefloraţia *circinată* se numește atunci cînd într-o corolă pentameră, două petale interne sînt acoperite de celelalte trei petale externe. Din aceste trei petale din urmă, două (una anterioară și una posterioară) sînt externe, iar a treia este pe jumătate acoperită de petala posterioară. Acest tip de prefloraţie se numește și

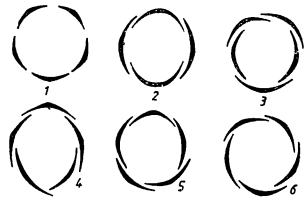



Fig. 311. Tipuri de prefloraţie:
*1 — valvată (Vitis* sp.); *2 — alternantă (Papaver* sp.); *3 — circinată (Atropa* sp.); *4 — cochleară de tip descendent; 5 — cochleară de tip ascendent; 6 — contortă (Malva* sp.) (d. I. Grinţescu).

*qui ncunx* şi corespunde unei spire foliare din filotaxia $\frac{2}{5}$ unde se întîlnesc 5 piese florale, parcurgînd două ture de circumferinţă (*Rosaceae, Ranunculus* sp., *Atropa* sp., ş.a.).

4. În prefloraţia *cochleară* corola pentameră are două petale dintre care una internă şi alta externă. După poziţia petalei mediane faţă de celelalte petale se deosebesc patru forme de corolă cochleară;

a) Petala mediană aşezată în partea posterioară a planului median al florii acoperă două petale laterale, iar acestea din urmă acoperă, la rîndul lor, cele două petale anterioare (*Fabaceae*).

b) Petala mediană posterioară este acoperită de două petale laterale, iar acestea din urmă sînt acoperite de două petale anterioare (*Caesalpiniaceae*).

c) Petala mediană aşezată în partea anterioară a planului median acoperă cele două petale laterale, iar acestea acoperă pe cele două posterioare (*Scrophulariaceae*).

d) Petala mediană aşezată la partea anterioară a planului median este acoperită de două petale laterale, iar acestea din urmă sînt acoperite de cele două petale posterioare (*Verbascum* sp.). Unele din aceste forme sînt *descendente*, iar altele sînt *ascendente*.

5. Prefloraţia *imbricată* este atunci cînd dintre cele cinci petale patru sînt pe jumătate acoperite dar în acelaşi timp ele acoperă pe vecinele lor. Petala a cincea, cea anterioară, rămîne neacoperită (*Malpighiaceae, Symphytum* ş.a.).

6. Prefloraţia *contortă* (răsucită) atunci cînd fiecare din cele cinci petale acoperă cîte o jumătate a petalei alăturate; corola capătă astfel aspectul răsucit (*Apocynaceae, Gentianaceae, Malvaceae*). Unele corole sînt răsucite spre dreapta (dextrorse), iar altele spre stînga (sinistrorse). Prefloraţia valvată, alternă şi contortă aparţin florilor ciclice, pe cînd prefloraţia circinată, cochleară, imbricată aparţin tipului de flori spirociclice sau hemiciclice.

Prefloraţia caliciului şi a corolei sînt aproape întotdeauna identice. La *Cyclamen* sp., atît caliciul cît şi corola au prefloraţie contortă. De multe ori însă, prefloraţia caliciului este valvată iar cea a corolei este contortă (*Althaea* sp. ş.a.).

### 4.4.8.6. Simetrie florală

Şi la floare există anumite raporturi de simetrie. Prin simetrie florală se înţelege însuşirea unui verticil floral de a fi împărţit printr-un *plan de simetrie* în două

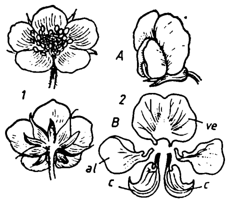



Fig. 315. Tipuri de corolă:
1 — actinomorfă dialipetală (*Fragaria vesca*); 2 — zigomorfă dialipetală (*Pisum sativum*): *A* — floarea văzută din profil; *B* — corola desfăcută: *al* — alae (aripi); *c* — carena (luntriţa); *ve* — vexilum (stindard) (d. I. Grinţescu).

jumătăţi aproximativ egale. Verticala care se confundă cu axa florală se numeşte ***axă de simetrie***, iar planurile care se întretaie în această axă se numesc *planuri de simetrie*.

**Flori actinomorfe** (polisimetrice): floarea posedă mai multe planuri de simetrie care o împart în tot atîtea părţi enantiomorfe aproximativ egale sau simetrice (*Rosaceae, Crassulaceae, Primulaceae* ş.a. fig. 315).

**Flori zigomorfe** (monosimetrice). Sînt flori prin care nu se poate duce decît un singur plan de simetrie numit *plan median* care le împarte în două părţi aparent egale: una dreaptă şi una stînga (*Labiatae, Scrophulariaceae, Tropaeolaceae* ş.a.). Este de ajuns ca unul din verticilele florale să fie zigomorf, pentru ca floarea întreagă să nu mai fie simetrică decît faţă de un singur plan. Astfel sînt florile de *Aconitum* sp., sau florile de *Salvia* sp. Aşa este şi cazul florilor de la *Genista* sp., *Cytisus* sp., *Lupinus* sp. la care caliciul, corola şi gineceul sînt zigomorfe, singur androceul rămînînd actinomorf. La *Pisum* sp., *Phaseolus* sp. ş.a. zigomorfia se extinde asupra tuturor verticilelor florale (v. fig. 315).

După *A. De Candolle* zigomorfia este secundară; ea s-a produs mai tîrziu în decursul evoluţiei plantelor.

În unele cazuri planul de simetrie al florilor zigomorfe în loc să fie antero-posterior, ca în exemplele de mai sus, este transversal încît floarea este împărţită într-o jumătate anterioară şi una posterioară. Este cazul florii de la *Fumariaceae*, la care una din petalele laterale s-a transformat în pinten. Menţionăm de asemenea şi cazul solanaceelor la care din cauza unei uşoare torsiuni a gineceului spre stînga, planul de simetrie este oblic, iar floarea din actinomorfă a devenit zigomorfă.

În general, *florile monosimetrice* pot fi *regulate* şi *neregulate*. La cele *monosimetrice regulate*, caliciul, corola şi androceul sînt actinomorfe şi numai gineceul este zigomorf. Zigomorfia regulată se observă la floarea de *Prunus* sp., *Ribes* sp., *Vitis* sp. ş.a.

La florile *monosimetrice neregulate* zigomorfia se extinde asupra învelişurilor florale şi androceului. Ca exemple sînt florile de *Labiatae, Fabaceae, Scrophulariaceae, Asteraceae, Violaceae, Orchidaceae* ş.a.

Corespunzător cu direcţia planurilor de simetrie florile zigomorfe pot fi: *median — zigomorfe, transversal — zigomorfe* şi *oblic — zigomorfe*.

**Cauzele zigomorfiei**. În cele mai multe cazuri zigomorfia este o consecinţă a *heteromeriei* (v. pag. 361). De fapt multe flori sînt zigomorfe datorită oligomeriei gineceului şi a androceului, a transformării staminelor în staminodii. Astfel de transformări pot să conducă uneori la o asimetrie completă (*Canna indica*).

**Flori asimetrice**. O floare lipsită de unul sau mai multe planuri de simetrie se numeşte *asimetrică*. Florile asimetrice pot fi *regulate* şi *neregulate*. Florile spirociclice de la *Nymphaea alba, Calycanthus* sp., *Ranunculus* sp. ş.a., sînt *flori asimetrice regulate*.



©RedAbaris 2013

*Flori asimetrice neregulate* sînt acele flori al căror periant, androceu sau gineceu au suferit transformări sau reduceri (*Valeriana* sp., *Canna indica*).

Reiese că la stabilirea simetriei florale trebuie să se țină seamă atît de forma cît și de dispoziția elementelor ciclurilor florale. Dacă toate ciclurile sînt egale și actinomorfe, floarea este *actinomorfă*. Dacă elementele unui ciclu sînt inegale și dispuse totuși simetric față de un plan, indiferent dacă această modificare afectează sau nu și celelalte cicluri, floarea este *zigomorfă*. În ceea ce privește florile spirociclice, întrucît părțile lor florale sînt dispuse la înălțimi diferite de-a lungul axei florale, ele sînt lipsite de plan de simetrie și de aceea au fost numite asimetrice.

Florile actinomorfe sînt totdeauna regulate, deoarece elementele lor sînt situate la o distanță egală față de axa florală. Florile zigomorfe și cele asimetrice pot fi regulate și neregulate, în cazul din urmă unul din verticilele florale fiind format din părți inegale sau dispuse la distanțe inegale față de axa florală. Dintre toate acestea florile zigomorfe sînt cele mai frecvente.

**Pelorie**. Se întîmplă la unele plante ca florile zigomorfe să revină la actinomorfie. Asemenea fenomene de atavism se observă din cînd în cînd la florile terminale ale inflorescențelor de *Linaria vulgaris*, *Digitalis purpurea* ș.a. Aceste anomalii care apar spontan și fără cauze bine cunoscute se numesc *pelorii*; ele se întîlnesc la *Scrophulariaceae*, *Balsaminaceae*, *Labiatae*, *Violaceae* ș.a.

### 4.4.8.7. Diagrame și formule florale

Pentru a putea compara între ele diferitele organizări florale, se folosesc două mijloace grafice: *diagrome* și *formule florale*.

*Diagrama florală* reprezintă proiecția orizontală a elementelor unei flori. Ea indică nu numai locul fiecărui element floral, ci stabilește raportul dintre floare și bracteea mamă, precum și raportul dintre diferitele părți ale unei flori, arătînd și poziția verticilelor față de axa florală. Diagrama florală mai arată dacă există dedublări sau concrețeri între diferitele elemente ale unui verticil, prezența glandelor sau discurilor nectarifere și poziția lor, dispariția unor elemente florale.

Diagramele florale sînt de două feluri: *empirice* și *teoretice*. Diagrama *empirică* indică elementele florale așa cum sînt; diagrama *teoretică* bazată pe anatomia comparată a florilor de la grupe strîns înrudite, pe lîngă elementele concrete arată și locul celor dispărute (fig. 316).

**Fig. 316. Construirea diagramei unei flori pentaciclice de *Tultpa* sp.:** *1* — cele cinci cercuri concentrice și dispoziția planurilor de simetrie; *2* — poziția sepalelor și petalelor față de bracteea mamă și de axa inflorescenței; *3* — poziția celor două cicluri de stamine și ovarul tricarpelar: *ai* — axa inflorescenței; *br* — bractee; *ca* — caliciu; *co* — corolă; *ovr* — ovar; *st* — stamină (d. I. Grințescu).

CărtiAzi 2013

*Ranunculus sp.* :

$\varphi^{\circ} * K_5 C_5 A_{\infty} \underline{G_{\infty}}$

*Rosa canina* :

$\varphi^{\circ} * K_5 C_5 A_{\infty} \underline{G_{\infty}}$

*Solanum tuberosum*

$\varphi^{\circ} * K_{(5)} C_{(5)} A_5 \underline{G_{(2)}}$

*Medicago sativa*

$\varphi, \dagger K_{(5)} C_5 A_{(5+4)1} \underline{G_1}$

*Fagaceae* :

$\delta^{\circ} * P_{4-6} A_{6-12}$ ; $\varphi * P_{3-6} \underline{G_{(3)}}$

*Apiaceae* ;

$*, \dagger K_5 C_5 A_5 \underline{G_{(2)}}$

*Liliaceae* :

$* P_{3+3}$ sau $(3+3) A_{3+3} \underline{G_{(3)}}$

Fig. 31. Formule florale la diferite angiosperme (d. N. Rădulescu-Mitroiu).

*Formule florale.* Alcătuirea unei flori poate fi reprezentată și printr-o formulă folosind semne convenționale, litere și cifre (fig. 317).

### 4.4.8.8. Ontogeneza organelor florale

Studiul genezei organelor florale necesită analiza florilor în primele lor stadii de dezvoltare, pornind de la primordii. Să luăm de exemplu floarea ciclică de *Asparagus* sp. (fig. 318). La această floare, primordiile fiecărui ciclu apar simultan. Primele primordii care se diferențiază pe receptaculul floral sînt ale celor trei sepale petaloide (*a*); urmează imediat apariția primordiilor celor trei petale (*b*). Se observă că aceste trei primordii din urmă alternează cu primordiile sepalelor. Urmărind îndeaproape primordiile primelor verticile florale, se constată că toate se transformă treptat în organe de forma unor urechiușe.

După un scurt interval de timp, se observă că apar și primordiile primului verticil de stamine, după care urmează apariția celui de al doilea verticil de stamine. Și acest din urmă verticil alternează cu primul verticil de stamine. Primul verticil de stamine este situat în fața sepalelor, iar al doilea verticil, în fața petalelor. Ultimul verticil de primordii este cel al carpelelor care se diferențiază ultimile pe extremitatea ușor bombată a receptaculului floral. Primordiile lor alternează cu verticilul intern al staminelor. Așadar într-o floare de *Asparagus* primordiile fiecărui verticil apar simultan pe receptaculul floral. Ultimul verticil, cel al carpelelor, ocupă vîrful receptaculului și se confundă cu axa florală.

Acest tip de dezvoltare a organelor unei flori este cel mai răspîndit la angiospermele cu flori ciclice.

În cazul unei flori spirocielice de la *Ranunculus* sp. se constată că primele primordii care apar pe receptacul sînt cele ale sepalelor. Acestea au la început forma unor urechiuși dispuse la înălțimi diferite. Spre deosebire însă de cazul precedent, aici primordiile nu mai apar simultan, ci consecutiv începînd de jos în sus. Cele cinci primordii ale sepalelor se dispun în ordinea apariției lor, de-a lungul unei linii în spirală; prima urechiușă (sepală) este cea mai dezvoltată, iar cele următoare sînt din ce în ce mai mici.



CărțiAgro 2013

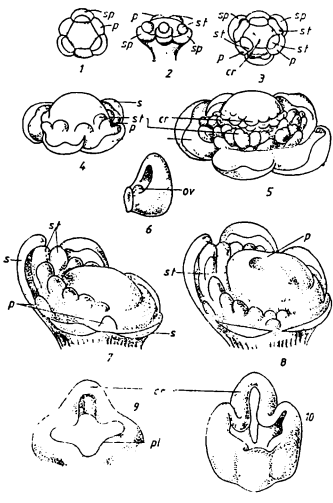



Fig. 318. Dezvoltarea organelor florale: *1—3 — Asparagus officinalis: 1 — floare foarte tînără înainte de formarea carpelelor; 4—6 Ranunculus trilobus: 4, 5 — două stadii în dezvoltarea florii; 6 — carpelă dezvoltată; 7—10 — Reseda odorata: 7, 8 — două stadii în dezvoltarea florii; 9, 10 — dezvoltarea gineceului: ca — carpele; ov — ovul; p — petale; pl — placentă; s — sepale; sp — sepale petaloide; st — stamine (d.I. Grințescu).*

După un scurt interval de timp, încep să se diferențieze primordiile celor cinci petale, așezate tot în spirală și în alternanță cu cele cinci sepale. Primordiile petalelor sînt asemănătoare cu primordiile sepalelor.

După primordiile învelișurilor florale încep să apară primordiile staminelor care sînt numeroase și au forma unor mici proeminențe aproape sferice. Primele primordii sînt cele mai dezvoltate, iar dispoziția lor urmează aceeași linie spiralată.

La sfîrșit apar primordiile carpelelor; ele se prezintă la început sub forma unor mici burleți care treptat se închid formînd fiecare cîte un ovar.

În cazul florilor de *Reseda*, care sînt flori zigomorfe, diferențierea organelor florale este asemănătoare cu cea de *Ranunculus*.

### 4.4.8.9. Caliciul (calix)

La foarte multe flori periantul este alcătuit din două verticile sau cicluri distincte. Verticilul extern care de obicei este verde se numește *caliciu* sau potir; elementele caliciului se numesc *sepale*.

La unele flori caliciul lipsește, iar la altele, dimpotrivă, este dublu, fiind format din două verticile: unul intern care este caliciul propriu-zis și altul extern. Acesta din urmă numit *calicul* este alcătuit de obicei din stipelele de la baza sepalelor, ca la *Fragaria* sp.

Uneori însă caliciul extern este alcătuit din hipsofile (*Althaea* sp.).

La *Asteraceae* caliciul este format uneori dintr-un verticil de peri, care mai tîrziu însoțește fructul, numit *papus*.



©PrezAbanie 2013

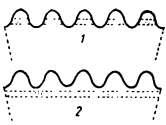


Fig. 319. Dezvoltarea caliciului dialisepal (*1*) și a celui gamosepal (*2*) — scheme (d. I. Grințescu).

Sepalele sînt în general verzi; în acest caz caliciul se numește *foliaceu* (*Viola* sp., *Rosa* sp.). La multe flori însă sepalele sînt colorate și acestea alcătuiesc un caliciu *petaloid* (*Tulipa* sp., *Lilium* sp., *Salvia splendens*, *Fuchsia* sp. ș.a.).

*Trecerea de la hipsofile la sepale.* Între hipsofile și sepale există mai multe formațiuni foliacee intermediare. Asemenea forme de trecere se observă la *Paeonia* sp., *Ribes* sp., la *Rosa canina* ș.a. (v. fig. 313).

*Caliciu dialisepal și caliciu gamosepal.* Sepalele se formează independent unele de altele și treptat ele încetează de a mai crește la vîrf, avînd o creștere intercalară. După nivelul la care se localizează această creștere, caliciul ia două aspecte diferite: dacă cresterea este localizată mai sus de baza primordiilor sepalelor atunci toate sepalele cresc independent unele de altele formînd un *caliciu dialisepal.* În acest caz sepalele sînt libere pînă la bază (*Brassica* sp., *Ranunculus* sp. ș.a.) (fig. 319).

În cazul cînd zonele de creștere sînt localizate mai jos de baza primordiilor sepalelor, atunci zonele de creștere se contopesc formînd o zonă de creștere continuă, rezultînd astfel un *caliciu gamosepal* (*Dianthus* sp., *Primula* sp.) (fig. 320). La *Primula* sp. numărul sepalelor concrescute se deduce după numărul dinților caliciului.

Față de axa florală, sepalele unui caliciu dialisepal pot fi: *erecte* ca la *Cruciferae* ș.a., sau pot fi orientate perpendicular față de axa florală ca la *Sinapis arvensis*. În acest caz sepalele sînt *patente*. În alte cazuri sepalele caliciului dialisepal sînt răsfrînte (*Ranunculus sardous*).

*Caliciu izomorf și caliciu heteromorf.* La *Anagallis arvensis* cele cinci sepale au aceeași formă, mărime și dispoziție simetrică pe receptacul. Un astfel de caliciu se numește *izomorf* și se găsește la cele mai multe flori ciclice.

La *Rosa canina* cele cinci sepale sînt diferite; în acest caz caliciul se numește *heteromorf.*

*Caliciu actinomorf și caliciu zigomorf.* La *Anagallis arvensis* cele cinci sepale sînt așezate simetric pe receptacul. Un astfel de caliciu se numește *actinomorf.* La *Salvia officinalis* și la *Tropaeolum majus* sepalele sînt inegale. În special la ultima, sepala posterioară este mai mare și se termină cu un pinten. Un asemenea caliciu se numește *zigomorf.*

*Forme de caliciu gamosepal.* După forma sa, caliciul gamosepal poate fi *tubulos* (*Dianthus* sp.); *infundibuliform* (*Primula officinalis*), *obconic* (*Primula obconica*),

Fig. 320. Forme de caliciu:
*1* — tubulos (*Dianthus* sp.); *2* — infundibuliform (*Primula officinalis*); *3* — campanulat (*Gentiana excisa*); *4* — urceolat (*Hyoscyamus niger*); *5* — umflat (*Silene inflata*) (d. I. Grințescu).



OCR cu ABBYY 2013

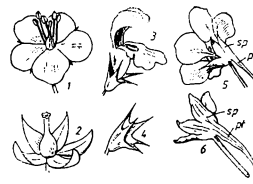



**Fig. 321.** *Anagallis arvensis:*
*1* — floare cu caliciu actinomorf; *2* — caliciu separat; *Salvia pratensis: 3* — floare cu caliciu zigomorf; *4* — caliciu izolat; *Trapaeolum majus*: — *5* — floare cu caliciu zigomorf; *6* — caliciu izolat: *pt* — pinten; *sp* — sepală posterioară (d. I. Grințescu).

*campanulat* (*Gentiana excisa*), *urceolat* adică în formă de ulcică (*Hyoscyamus niger*), *umflat* (*Silene inflata*) (fig. 321).

*Caliciu caduc și caliciu persistent.* La floarea de *Papaver somniferum*, în momentul înfloririi, cele două sepale se desprind și cad; un asemenea caliciu se numește *caduc*. La alte plante însă caliciul însoțește floarea pînă la maturitatea fructului (*Atropa belladonna*). Un asemenea caliciu se numește *persistent*. Cei cinci solzi bruni care se observă la o pară sînt sepalele persistente. La *Physalis alkekengi* după fecundația florii, caliciul continuă să crească transformîndu-se într-un înveliș ca un balon apărător al fructului; un asemenea caliciu se numește *acrescent*.

**Structura sepalelor.** Dacă privim o sepală de *Helleborus* sp. se observă că ea este brăzdată de un anumit număr de nervuri, la fel cu o frunză obișnuită.

Într-o secțiune transversală printr-o sepală de spînz (fig. 322), se observă *epiderma amfistomatică*, *mezofilul* alcătuit dintr-un parenchim omogen format din celule izodiametrice care prezintă spații intercelulare. Se observă că stratul subepidermal de pe fața externă, expus la lumină, este mai bogat în cloroplaste, comparativ cu stratul corespunzător de pe fața internă care primește mai puțină lumină.

Dacă secțiunea transversală trece printr-o nervură, se observă că aceasta este alcătuită dintr-un fascicul libero-lemnos, format din cîteva vase lemnoase și cîteva tuburi ciuruite. Rezultă că structura sepalei este identică cu cea a frunzei (v. fig. 197).

În cazul cînd sepalele sînt petaloide, structura acestora este identică cu cea a petalelor.

**Originea caliciului.** Pe receptaculul unei flori de *Sinapis arvensis* în stadiul de mugure floral, apar mai întîi patru primordii ca niște mameloane; în fiecare din aceste primordii se formează în curînd cîte un punct de creștere. Cele patru primordii se dezvoltă separat unele de altele dînd naștere la cele patru sepale ale caliciului dialisepal.

La fel se formează și caliciul gamosepal de la *Primula officinalis*, cu deosebirea că punctele de creștere în număr de cinci, se ating și se unesc de la început formînd o singură zonă de creștere circulară. Datorită acestui fapt caliciul se va forma ca un tub, iar cei cinci dinți ai caliciului gamosepal indică numărul celor cinci sepale concrescute.

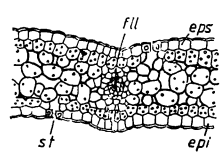



**Fig. 322.** Secțiune transversală printr-o sepală de *Helleborus purpurascens:*
*epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *fil* — fascicul libero-lemnos; *st* — stomată (d. I. Grințescu).



©Predania 2013

Ciclul intern al periantului diferit colorat se numește *corolă*, iar elementele ei se numesc *petale*.

Petalele se deosebesc de sepale prin aceea că sînt colorate. Sînt plante la care petalele au aceeași culoare verde ca și sepalele: *Luzula* sp. În acest caz perigonul unei flori este verde; deosebirea între sepale și petale constă numai în așezarea acestora pe două verticile care alternează.

O corolă ale cărei petale sînt verzi se numește *sepaloidă*.

Spre deosebire de sepale, care de multe ori sînt persistente, petalele se ofilesc și cad după fecundație.

Corola, în afară de rolul apărător pe care îl are, mai îndeplinește și rolul de atragere al insectelor contribuind astfel la fecundație.

**Forme de petale.** Forma petalelor variază de la o specie la alta. La o floare de *Ranunculus* sp. petalele au o formă aproape orbiculară, în timp ce la *Nymphaea alba*, petalele sînt *oval-lanceolate*; la *Cheiranthus cheiri* petalele sînt orbiculare la partea lor liberă, însă se continuă cu un fel de peduncul numit *unguiculă*. La *Hamamelis* sp. petalele sînt liniare; la *Stellaria* sp. petalele sînt bilobate, iar la *Lychnis flos-cuculi* sînt *tetralobate* și lung *unguiculate*. La *Trifolium* sp., *Helleborus* sp. și *Aconitum* sp. petalele sînt transformate în *cornete nectarifere*, pe cînd la *Viola* sp. petala anterioară este transformată în *pinten nectarifer* (fig. 323).

**Corola dialipetală.** Petalele, ca și sepalele, pot fi libere sau concrescute. La *Cruciferae*, *Ranunculaceae* și *Rosaceae*, petalele sînt libere; acest tip de corolă se numește *dialipetală*.

*Cum se formează o corolă dialipetală.* Dezvoltarea corolei este ca și a caliciului, limitată. Forma definitivă a corolei se completează ulterior printr-o creștere *intercalară*, datorită unor zone de creștere localizate în primordiile petalelor. După nivelul la care sînt localizate zonele de creștere, se va forma o corolă dialipetală sau gamopetală. La florile zise „*involte*“ petalele provin din transformarea primordiilor staminale. În realitate, la aceste flori majoritatea petalelor sînt *staminodii*.

În ceea ce privește simetria corolei, se observă că dacă la o floare petalele au aceeași formă, corola prezintă mai multe planuri de simetrie; asemenea flori sînt *actinomorfe*. Dacă la o floare cu corola dialipetală, una sau două petale au o formă deosebită ca la *Aconitum* sp., floarea este *zigomorfă*. La *Aconitum* sp. din cele opt petale, nu se dezvoltă decît două și anume cele posterioare care se transformă în *cornete nectarifere*. La *Clematis vitalba* toate petalele avortează, pe cînd la *Helleborus* sp. toate petalele se transformă în mici *cornete nectarifere*.

Fig. 323. Forme de petale:
*1* — orbiculară (*Ranunculus acer*); *2* — ovat-lanceolată (*Nymphaea alba*); *3* — unguiculată (*Cheiranthus cheiri*); *4* — lineară (*Hamamelis virginica*); *5* — lobată (*Stellaria media*); *6* — tetralobată (*Lychnis flos-cuculi*); *7—9* — petale transformate în cornete nectarifere: *Trollius europaeus (7), Helleborus niger (8); Aconitum napellus (9); 10* — petală de *Viola adorata* transformată în pinten nectarifer (d. I. Grințescu).

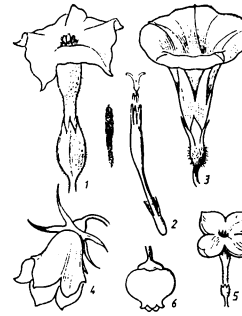


Fig. 324. Forme de corolă gamopetală actinomorfă: *1* — tubuloasă la *Nicotiana tabacum, Lappa minor (2)*; *3* — infundibuliformă *(Calystegia sepium)*; *4* — campanulată *(Campanula rotundifolia)*; *5* — hipocrateriformă *(Syringa vulgaris)*; *6* — urceolată *(Vaccinium myrtillus)* (d. I. Grințescu).

Sînt și cazuri cînd corola lipsește complet; astfel de flori se numesc *apetale*. La *Fraxinus* sp., *Salix* sp., *Urtica* sp., ș.a., florile sînt apetale.

**Corola gamopetală**. În cazul cînd petalele unei flori sînt concrescute, corola se numește *gamopetală* (simpetală). La o corolă gamopetală de *Nicotiana tabacum* deosebim: *tubul* (gîtul) corolei și *limbul*, adică partea deschisă în formă de pîlnie cu cinci dinți. La o asemenea corolă „dinții" reprezintă vîrfurile celor cinci petale, concrescute; această corolă se numește *tubuloasă*. O corolă tubuloasă tipică se află la *Arctium lappa*, precum și la multe alte *Asteraceae*.

La *Calystegia* sp. corola are forma unei pîlnii, de unde și denumirea corolei de *infundibuliformă*. La această corolă numărul petalelor concrescute este indicat de cele cinci nervuri aparente. La *Campanula* sp. corola gamopetală are forma unui clopoțel, de unde și numele de corolă *campanulată*. La *Vaccinium* sp. corola are forma unei ulcele și de aceea se numește corolă *urceolată*. La *Syringa vulgaris* corola are o formă tubuloasă care se termină cu o parte dilatată în formă de disc; acest tip de corolă se numește *hipocrateriformă* (fig. 324).

**Corolă actinomorfă și corolă zigomorfă**. Din punct de vedere al simetriei corolele dialipetale și gamopetale, pot fi *actinomorfe* sau *zigomorfe*. Corolele de la *Rosa canina* sau de la *Fragaria* sp. sînt actinomorfe. Acest tip de corolă este foarte răspîndit. Tot atît de frecvent este și tipul de corolă zigomorfă (*Fabaceae, Scrophulariaceae, Labiatae* ș.a.).

La o floare dialipetală zigomorfă de *Pisum* sp. corola este alcătuită dintr-o petală posterioară numită *drapel* sau *vexil*, două petale laterale numite *aripi* sau *alae* și două petale anterioare care formează împreună *luntrița* sau *carina*.

La o floare gamopetală, de asemenea zigomorfă, de *Pedicularis* sp. corola prezintă două buze (labii) îndepărtate: una superioară *labium superior* formată din cele două petale posterioare concrescute și una inferioară *labium inferior* formată din cele două petale laterale concrescute cu petala anterioară. O asemenea corolă cu simetrie bilaterală, simulează gura deschisă a unui animal. Astfel de corole se numesc *labiate* sau *bilabiate*.

Corola gamopetală zigomorfă de *Anthirrhinum majus* are aceeași alcătuire ca și cea de la *Pedicularis*. La partea anterioară prezintă o umflătură, care la *Linaria* sp. se transformă în pinten. Asemenea corole gamopetale zigomorfe se numesc *personate*; ele simulează gura închisă a unui animal. Interesante sînt din punct de vedere morfologic calatidiile unor asteracee. La *Chrysanthemum leucanthemum* calatidiul este



©Pedia.ro 2013

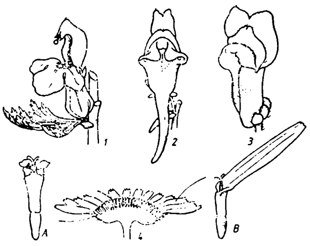



Fig. 325. Forme de corolă gamopetală zigomorfă:

1 — labiată (*Pedicularis* sp.); 2, 3 — personată: *Linaria vulgaris* (2), *Antirrhinum majus* (3); 4 — antodiu de *Chrysanthemum leucanthemum*: *A* — floare centrală cu corolă tubuloasă; *B* — floare periferică cu corolă ligulată (d. I. Grințescu).

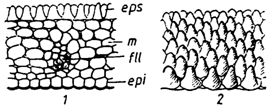



Fig. 326. Secțiune transversală într-o petală de *Rosa centifolia* (*1*);

2 — aspectul papilos al epidermei superioare: *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară papiloasă; *fll* — fascicul libero-lemnos; *m* — mezofil (d. I. Grințescu).

format din două tipuri de flori: cele de la periferie sînt *ligulate* și zigomorfe, pe cînd cele de la mijloc sînt *tubuloase* și actinomorfe. La cele ligulate tubul corolei se prelungește formînd un limb alcătuit din trei petale posterioare concrescute. Acest dimorfism floral se întîlnește la multe compozite (fig. 325).

**Structura petalelor**. Privită în lumină, o petală de trandafir prezintă mai multe nervuri, la fel ca și sepalele.

În secțiune transversală se observă o *epidermă* formată din celule cu pereți subțiri între care se află stomate, în general puține, situate pe ambele fețe ale petalei.

Celulele epidermale de pe fața superioară sînt de formă conică formînd papile; aspectul catifelat al petalei de trandafir este dat tocmai de aceste celule epidermale papiloase. Culoarea roșie a petalelor de trandafir se datorează pigmenților antocianici.

Între cele două epiderme se află un *mezofil* alcătuit din celule izodiametrice pline cu suc celular. Pereții celulelor din mezofil sînt subțiri. Între celulele mezofilului se găsesc mici spații intercelulare.

În mezofil este situată nervura formată din cîteva traheide spiralate și cîteva tuburi ciuruite. Comparativ cu numărul vaselor lemnoase dintr-o sepală, în petală acestea sînt mai puține (fig. 326).

**Originea corolei**. Pe receptaculul unei flori de *Sinapis arvensis* în stadiul de mugure floral, după apariția primelor patru primordii ale sepalelor, se diferențiază cele patru primordii ale petalelor. Acestea din urmă apar în alternanță cu primordiile sepalelor.

În rest, dezvoltarea corolei trece prin aceleași faze ca și dezvoltarea caliciului.

### 4.4.8.11. Androceul

Reprezintă totalitatea staminelor dintr-o floare.

La o stamină se deosebește o codiță subțire numită *filament* care reprezintă partea sterilă a acesteia și o parte lățită, fertilă numită *anteră*. Staminele sînt con-

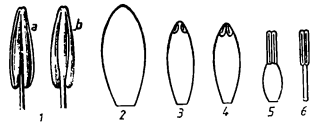



Fig. 327. Stamine de *Iris germanica* (*1*):
*A* — stamina văzută din față; *B* — aceeași văzută pe dos; *2—6* — trecerea de la petale la stamine la *Nymphaea* sp.; *2* — petală; *3—5 Homostilie și heterostilie* — forme de trecere; *6* — stamină (d. I. Grințescu).

siderate frunze modificate ca și **sepalele** și petalele. La *Nymphaea alba* se pot urmări ușor formele de trecere de la petale la stamine (fig. 327).

**Filamentul** staminei este subțire, lung și cilindric; uneori este lat ca la nufărul alb. Extremitatea mai dezvoltată a filamentului se numește *conectiv*, el reprezentînd țesutul steril care leagă cele două loji ale anterei.

La unele plante filamentul staminei este însoțit de două apendice numite *urechiuși* (*Allium cepa*) sau de două apendice filiforme (*Allium rotundum*). La *Alyssum* sp. filamentele sînt prevăzute cu cîte o mică *ligulă*.

La cele mai multe flori filamentele staminelor sînt de aceeași lungime; acest caz poartă numele de *homostilie*. La alte flori filamentele staminelor sînt de lungimi diferite, vorbim atunci de *heterostilie* (*Scrophulariaceae, Labiatae* ș.a.). La acestea, din cele patru stamine două sînt mai lungi și două mai scurte de unde și denumirea de stamine *didiname*. La crucifere din cele șase stamine, patru sînt lungi și două scurte, de unde și denumirea de stamine *tetradiname*. La alte plante ca *Oxalis* sp. ș.a. androceul este format din zece stamine dintre care cinci cu filamente lungi și cinci cu filamente scurte, dispuse alternativ (fig. 328).

**Filamente simple și filamente ramificate.** În general filamentele staminelor sînt neramificate. Sînt însă și excepții, așa cum se observă la *Corylus avellana* la care filamentele sînt bifurcate, iar la *Ricinus communis*, filamentele sînt ramificate.

**Antera.** Este formată în general, din două perechi de *saci polinici*; o pereche de saci polinici alcătuiește o *tecă* (gr. *theke* = cutie). Cele două loje ale anterei sînt separate de un țesut masiv numit *conectiv*.

Conectivul variază de la o grupă de plante la altele. Astfel, la *Hyoscyamus niger* și la *Juglans regia* conectivul este puțin dezvoltat. La *Paris quadrifolia* și la

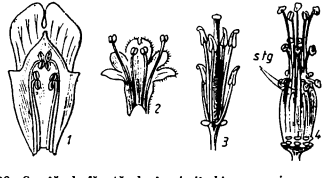



Fig. 328. Corolă desfăcută de la *Anthirrhinum majus* cu stamine didiname (*1*):
*2* — *Thymus* sp. — corolă cu stamine didiname; *3* — *Brassica napus*, floare cu stamine tetradiname; *4* — *Oxalis crenata*, androceu din zece stamine; *stg* — stigmate (d. I. Grințescu).

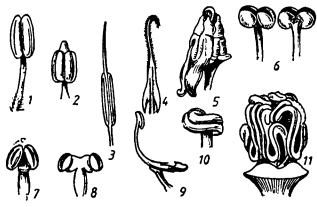


Fig. 329. Diferite tipuri de conective:
*1 — Hyoscyamus niger; 2 — Juglans regia; 3 — Paris quadrifolia; 4 — Nerium oleander; 5 — Viola odorata; 6 — Mercurialis* sp.; *7 — Euphorbia canariensis; 8 — Thymus serpyllum; 9 — Salvia pratensis; 10 — Arisarum vulgare; 11 — Cucurbita pepo* (d. I. Grințescu).

*Nerium oleander* conectivul se prelungește într-un apendice filiform. La *Viola* sp. conectivele celor două stamine anterioare se termină cu cîte un apendice nectarifer. La *Mercurialis* sp., *Euphorbia* sp., *Thymus* sp. ș.a. conectivul are forma literei T; la *Salvia* sp., *Cucurbita pepo* ș.a. conectivul este foarte dezvoltat (fig. 329).

După modul cum antera este fixată pe conectiv, o anteră poate fi *introrsă* sau *extrorsă*. La labiate anterele sînt *introrse* (lat. *introrsum* = interior), adică lojele lor sînt orientate spre interiorul florii; la alte plante anterele sînt *extrorse* (lat. *extrorsum* = exterior).

După felul cum este prinsă pe conectiv, o anteră mai poate fi *bazifixă* ca la *Tulipa* sp. sau *dorsifixă* ca la *Lilium* sp., *Triticum* sp., sau *Plantago* sp. La aceste trei plante anterele sînt *oscilante* deoarece pot fi ușor mișcate de vînt.

La cele mai multe plante anterele sînt *biloculare*, adică prezintă două *loji* și fiecare din ele conține cîte o pereche de *saci polinici*. La unele plante însă, anterele sînt *uniloculare* cu doi saci polinici, ca la *Malva sylvestris*.

În cazuri rare, antera este tetraloculară alcătuită din patru loji (*Cinnamomum* sp.). La *Viscum album* anterele sînt concrescute cu periantul și au numeroși saci polinici pe fața lor superioară.

Toate aceste caractere morfologice ale anterelor sînt constante și de aceea sînt utilizate la identificarea diferiților taxoni.

**Stamine libere și stamine concrescute.** La cele mai multe plante staminele sînt libere; în acest caz androceul se numește *dialistemon*. Cînd primordiile din care se diferențiază staminele sînt foarte apropiate, staminele concresc formînd un singur mănunchi. În acest caz androceul se numește *gamostemon* sau *monadelf* (gr. *monos*-; *adelphos* = frate).

La multe specii (*Salix* sp., *Oxalis acetosella*, *Sarothamnus scoparius* ș.a.) androceul este *monadelf*. La floarea de mazăre cele zece stamine formează două grupe: stamina superioară rămîne liberă, iar celelalte nouă sînt concrescute formînd un jgheab; acesta este androceu *diadelf*.

La floarea de *Polygala* sp. androceul este alcătuit din 8 stamine grupate în două mănunchiuri de cîte 4 stamine.

Un exemplu de *triadelfie* se întîlnește la *Hypericum perforatum*, iar de *poliadelfie* la *Citrus limon* (fig. 330).

În toate aceste cazuri, staminele sînt concrescute numai prin filamentele lor, anterele rămînînd libere.



CarteAdmin 2019

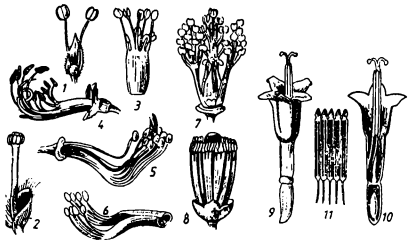


Fig. 330. Stamine libere la *Salix alba* (*1*);
*2* — *Salix purpurea*, stamine concrescute; *3, 4* — stamine monadelfe: *Oxalis acetosella* (*3*), *Sarothamnus scoparius* (*4*); *5, 6* — stamine diadelfe: *Pisum sativum* (*5*), *Polygala vulgaris* (*6*); *7* — *Hypericum perforatum*, stamine triadelfe; *8* — *Citrus limon*, stamine poliadelfe; *9* — floare tubuloasă de *Chrysanthemum leucanthemum* cu antere concrescute; *10* — aceeaşi floare în secţiune longitudinală; *11* — tub staminal desfăcut, filamentele rămîn libere (d. I. Grinţescu).

**Antere aderente.** La compozite staminele concresc prin anterele lor, filamentele rămînînd libere. Acest proces se numeşte *sinanterie* de unde şi denumirea de *Synanterae* dată de unii autori compozitelor.

**Stamine concrescute cu corola.** La unele cariofilacee cinci din cele 10 stamine sînt concrescute cu cele cinci petale situate în dreptul lor, iar celelalte rămîn libere.

La *Primulaceae*, *Labiatae* şi la alte gamopetale, staminele sînt concrescute cu corola. Acelaşi lucru se observă şi la unele liliacee ca *Hyacinthus* sp. şi *Muscari* sp.

**Dispoziţia staminelor faţă de gineceu.** Staminele pot fi dispuse pe receptacul la baza gineceului; dispoziţia se numeşte *hipoginǎ*. În cazul cînd caliciul şi corola sînt parţial concrescute formînd o cupă, iar staminele sînt situate pe marginea acestei cupe, în jurul gineceului, dispoziţia staminelor se numeşte *perigină*. Cînd concreşterea elementelor florale este completă şi staminele par a fi aşezate pe gineceu, dispoziţia lor este *epigină* (fig. 331). Există însă şi flori în care staminele sînt concrescute cu gineceul formînd aşa numitul *ginostegium* (*Aristolochia* sp., *Vanilla* sp.).

**Dispoziţia staminelor pe receptacul** poate să fie *ciclică* cînd staminele sînt inserate în verticil şi *spirociclică* cînd sînt aşezate de-a lungul unei spirale. Dispoziţia spirociclică este caracteristică magnoliaceelor şi ranunculaceelor.

**Numărul verticilelor de stamine dintr-un androceu.** La gamopetale (*Solanaceae*, *Boraginaceae*, *Primulaceae*) androceul este alcătuit dintr-un singur ciclu de stamine, pe cînd la dialipetale, acest caracter este variabil. La *Linaceae* şi *Hypericaceae*, deşi

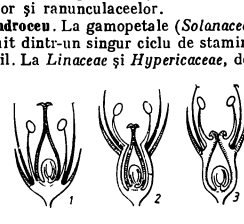


Fig. 331. Scheme reprezentînd dispoziţia androceului faţă de gineceu:
*1* — hipoginǎ; *2* — perigină; *3* — epigină (d. I. Grinţescu).



©BCUCluj 2013

sînt dialipetale, androceul este format dintr-un singur ciclu de stamine, pe cînd la cariofilacee şi geraniacee este alcătuit din două cicluri. De asemenea la rozacee care sînt dialipetale tipice, androceul este format din 2—3 cicluri de stamine.

Cînd androceul este format dintr-un singur verticil, numărul staminelor variază. La *Hippuris* sp. androceul este alcătuit dintr-o singură stamină; la *Syringa vulgaris* din două stamine. La foarte multe plante androceul este alcătuit dintr-un verticil de cinci stamine.

La *Hypericum* sp. androceul constă dintr-un verticil de stamine format din numeroase stamine grupate în 3 mănunchiuri. În general, numărul staminelor dintr-un verticil este egal cu numărul petalelor din verticilul corolei. Există însă şi numeroase cazuri cînd numărul staminelor este mai mare sau mai mic în raport cu numărul petalelor.

**Poziţia staminelor faţă de petale.** De obicei, cînd androceul este format dintr-un singur verticil, staminele alternează cu petalele (*Solanaceae*). La primulacee şi plumbaginacee staminele sînt aşezate în faţa petalelor.

Cînd androceul este format din două cicluri, cel extern alternează, pe cînd ciclul intern este opus petalelor.

**Staminodii.** Staminele cărora le lipseşte antera se numesc *staminodii* (*Linum usitatissimum*, *Erodium cicularium* ş.a.). La *Lychnis dioica* floarea feminină poartă urmele celor cinci stamine degenerate.

La *Heliconia* sp. (*Musaceae*) din cele 6 stamine, cea posterioară este transformată în staminodiu, iar celelalte 5 sînt fertile.

La *Kämpferia* sp. (*Zingiberaceae*) din cele 6 stamine, numai stamina posterioară este fertilă, celelalte 5 sînt transformate în staminodii. Două dintre aceste staminodii formează „labelum", iar staminodiul din planul median lipseşte cu totul.

La *Canna indica* (*Cannaceae*) reducerea androceului este aproape totală; din singura stamină fertilă a unei flori de *Canna*, situată în planul median, nu rămîne decît o jumătate de anteră, toate celelalte stamine fiind transformate în staminodii cu aspect de petale.

**Reducerea staminelor prin avortare.** Există şi cazuri cînd staminele se reduc fără a lăsa vreo urmă vizibilă, aşa cum se întîmplă la florile de *Linaria* sp. (*Scrophulariaceae*). La această floare, una din cele 5 stamine şi anume cea din planul median avortează. La *Veronica* sp., o altă scrofulariacee, din cele 5 stamine numai două sînt fertile, celelalte trei s-au redus complet. La iridacee întreg verticilul intern de stamine se reduce, la *Haemodoraceae* verticilul extern, iar la *Lychnis dioica*, floarea devine unisexuată feminină în urma reducerii androceului în întregime.

**Reduplicarea staminelor.** Există şi plante la care androceul ia o dezvoltare mare prin reduplicarea numărului staminelor. Exemple de reduplicare a androceului sînt: florile de *Cleome spinosa* şi cele de *Philadelphus*. La aceasta din urmă, reduplicarea se produce atît în direcţie radială cît şi în cea tangenţială.

**Dehiscenţa anterelor.** Ţesutul care formează peretele anteral se resoarbe la maturitatea anterei, lojile se deschid, iar polenul este pus în libertate. Deschiderea anterelor se face, de obicei, printr-o crăpătură longitudinală ale cărei margini se îndepărtează facilitînd astfel diseminarea polenului.

La cele mai multe angiosperme lojile polinice se deschid prin două crăpături longitudinale. La malvacee anterele au o singură lojă şi deschiderea lor se face printr-o singură crăpătură. La *Mercurialis* deschiderea anterelor se face prin crăpături transversale. La *Solanum* sp., *Cyclamen* sp., *Arctostaphylos* sp., *Vaccinium* sp. ş.a. anterele se deschid prin orificii care se formează la vîrful anterelor; acest tip de dehiscenţă se numeşte *poricidă*.

La *Berberidaceae* şi *Lauraceae* deschiderea anterelor se face printr-un fel de supape numite *valvule*. La *Berberis vulgaris* antera se deschide prin două valvule care se

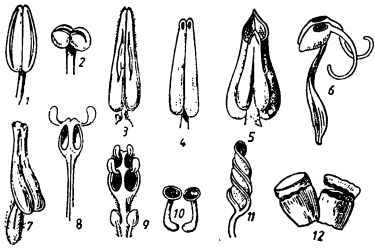


Fig. 332. Tipuri de dehiscență a anterei:
*1, 3* — longitudinală; *2* — transversală (*Mercurialis* sp.); *4—7* — poricidă (*Solanum* sp., *Cyclamen* sp., *Arctostaphyllos* sp., *Vaccinium* sp.); *8, 9* — valvicidă (*Berberis* sp., *Cinnamomun* sp.); *10, 12* — dehiscență prin căpăcele (*Pinguicula* sp., *Garcinia* sp.); *11* — anteră răsucită de *Centaurium erythraea* (d. I. Grințescu).

ridică. La *Cinnamomum* sp. antera prezintă patru loji dispuse în 2 etaje, iar deschiderea lojilor se face prin 2 perechi de valvule. La fel are loc deschiderea antelor și la *Pinguicula* sp., *Garcinia* sp. ș.a.; asemenea dehiscență se numește *valvicidă* (fig. 332).

**Structura staminei.** Analizînd o anteră de la *Mentha aquatica* înainte de maturitate se observă că filamentul staminei este lung și cilindric. Acesta are o structură asemănătoare cu cea a pețiolului cu deosebirea că este mai puțin dezvoltat. Privită pe fața sa internă, pe cea dinspre axa florală antera prezintă la exterior un șanț situat în planul său median. Acest șanț care se lărgește spre baza anterei, separă două umflături care sînt cele două loji ale anterei. Fiecare lojă prezintă de asemenea cîte un șanț mai mic, astfel că antera este prevăzută cu un șanț median mare și două șanțuri laterale mici. Liniile de dehiscență ale lojilor se produc de-a lungul șanțurilor laterale.

În planul median al secțiunii se află un fascicul libero-lemnos care reprezintă continuarea fasciculului din filamentul staminei. Fasciculul libero-lemnos împreună cu parenchimul din jur, aparține conectivului. În fasciculul vascular, elementele lemnoase sînt situate înspre axa florală. De o parte și de alta a conectivului se găsește cîte o pereche de *saci polinici* care formează o *lojă* (*theca*); antera este biloculară. Cei doi saci polinici ai unei loje sînt separați printr-un țesut format din celule cu pereți subțiri.

Peretele unui sac polinic este alcătuit din mai multe țesuturi: țesutul extern este *epiderma* (exoteciu); urmează *țesutul mecanic* (endoteciu), alcătuit din celule ai căror pereți tangențiali — interni — prezintă îngroșări în formă de benzi care se prelungesc și pe pereții laterali. Pereții externi ai celulelor stratului mecanic rămîn subțiri și celulozici (fig. 333).

În ceea ce privește celulele care formează peretele despărțitor dintre cei doi saci polinici, acestea nu prezintă nici un fel de îngroșări. Spre interior sacii polinici sînt legați de conectiv printr-un parenchim omogen.

**Mecanismul deschiderii anterelor.** Anterele se deschid cînd ajung la maturitate. Aerul uscat are un rol important în procesul dehiscenței anterelor. Pe timp uscat anterele rămîn deschise. Pe timp umed anterele se închid, planta ferindu-și polenul de umiditate.

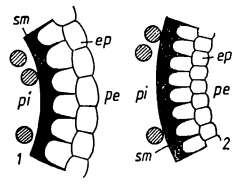



Fig. 333. Fragment de țesut mecanic de la o anteră de *Mentha* sp. înainte de deschiderea lojelor (*1*); *2* — același fragment după deschiderea anterelor: *ep* — epidermă; *pe* — partea externă a pereților unei loje polinice; *pi* — partea internă; părțile îngroșate ale stratului mecanic *(sm)* sînt desenate în negru (d. I. Grințescu).

De fapt dehiscența lojilor anterei se datorează în primul rînd structurii speciale a țesutului mecanic și secundar, stării de uscăciune a aerului atmosferic.

Mișcările stratului mecanic în momentul deschiderii anterelor se pot observa și la microscop. Observînd o anteră așezată pe o lamă de sticlă la microscop, la aer uscat stratul mecanic se curbează către exterior; dacă adăugăm o picătură de apă pe lamă, stratul mecanic se îndoaie către interior.

În ceea ce privește locul unde se produce ruperea pereților anterali aceasta depinde de locurile de slabă rezistență. La *Mentha aquatica* ruperea se produce de-a lungul a două linii paralele foarte apropiate, din dreptul unui șanț.

La unele plante pereții despărțitori dintre sacii polinici se resorb înainte de deschiderea anterelor și în acest caz există o singură linie de dehiscență pentru fiecare lojă.

Tipul de dehiscență a anterelor descris mai sus este foarte răspîndit la angiosperme.

La unele monocotiledonate (*Iris* sp. ș.a.) se observă că *endoteciul* este multiplu, adică este format din mai multe straturi suprapuse, iar țesutul mecanic înconjoară de jur împrejur sacul polinic.

La ericacee țesutul mecanic lipsește, iar anterele se deschid prin ruperea pereților membranoși ai sacilor polinici.

La anterele cu dehiscență poricidă țesutul mecanic este localizat pe mici porțiuni la vîrful anterelor. Într-un mod asemănător are loc deschiderea anterelor cu dehiscență valvulară de la berberidacee și lauracee, cu deosebirea că la acestea țesutul mecanic se formează în 2—4 locuri pe pereții anterali laterali.

**Originea granulelor de polen.** Urmărind dezvoltarea unei antere, se observă că primordiul acesteia are forma unui mamelon. Făcînd o secțiune transversală printr-un asemenea primordiu, la exterior se distinge epiderma care delimitează un meristem omogen (fig. 334). În curînd însă în patru locuri ale primordiului se

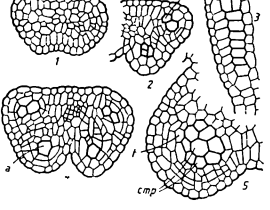



Fig. 334. Dezvoltarea anterei și originea granulelor de polen la *Doronicum macrophyllum*:
*1* — secțiune într-o anteră foarte tînără; *2, 3* — diferențierea arhesporului: *2* — secțiune transversală; *3* — secțiune longitudinală; *4* — stadiu mai avansat; *5* — originea granulelor de polen la *Menyanthes trifoliata* (stadiu avansat); *a* — arhespor; *cmp* — celule mame polinice; *t* — tapet (d. I. Grințescu).

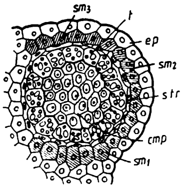



Fig. 335. Secțiune transversală într-un sac polinic de la *Symphytum officinale*:
*cmp* — celule mame polinice; *ep* — epidermă; $sm^1$, $sm^2$, $sm^3$ — strat mecanic; *t* — tapet; *str* — strat tranzitoriu (d. I. Grințescu).

află cîte o celulă care prin mărime și conținutul ei bogat în citoplasmă, se deosebește de celelalte celule ale primordiului. De fapt, cele patru celule fac parte din patru șiruri de celule care formează *arhesporul*. De aceea într-un primordiu de anteră de *Mentha aquatica* se găsesc patru arhespori care sînt inițialele sacilor polinici.

Într-un stadiu mai avansat de dezvoltare celulele arhesporale se divid periclinal și dau naștere la cîte două celule: una externă, *parietală* și alta internă, *arhesporală* secundară sau *sporogenă*. Ambele celule se divid periclinal și anticlinal, urmînd apoi o evoluție cu totul deosebită. Celula parietală va da naștere la mai multe straturi de celule care alcătuiesc peretele anterei. Aceste straturi se succed de la exterior spre interior în ordinea următoare: *epiderma* (exoteciul), apoi *țesutul mecanic* (endoteciul) din celule cu pereții neuniformi îngroșați. Urmează 1—3 straturi de celule parenchimatice mici — *țesutul tranzitoriu* numit astfel deoarece prezența lui în jurul sacilor polinici este de scurtă durată. Țesutul cel mai intern al peretelui care aderă de celulele sporogene este format din celule tabulare cu nuclee mari și pline cu substanțe de rezervă; acest țesut se numește *tapet*.

În intervalul de timp cît durează diferențierea celulelor arhesporale și a sacilor polinici, în planul median al conectivului se formează un țesut prozenchimatic din care se diferențiază un fascicul libero-lemnos (fig. 335).

În antera de *Mentha aquatica* după dispariția țesuturilor tranzitoriu și tapet, urmează gelificarea pereților celulelor mame polinice. Astfel, în cele din urmă, peretele protector al sacilor polinici nu mai este alcătuit decît din epidermă și țesutul mecanic.

La *Lilium candidum* structura anterei este asemănătoare cu cea de la *Mentha aquatica*, cu deosebirea că țesutul tranzitoriu este pluristratificat și persistă pînă la dehiscența anterei.

**Formarea granulelor de polen**. Așa cum s-a arătat mai înainte, într-un primordiu de anteră interiorul sacilor polinici este format dintr-un țesut sporogen. Acestea prin diviziuni succesive dau naștere *celulelor mame ale granulelor de polen* (celule mame polinice, celule microsporogene sau celule mame microsporale).

La angiosperme ca și la gimnosperme celula microsporogenă prin două diviziuni succesive dă naștere la 4 microspori care devin ulterior 4 granule de polen haploide, deoarece prima diviziune este reducțională.

În unele cazuri după prima diviziune apare un perete despărțitor. În alte cazuri, formarea pereților despărțitori are loc numai după a doua diviziune, adică după formarea granulelor de polen.

În timpul formării granulelor de polen se observă dispariția treptată a țesutului tapet și a celui tranzitoriu, deoarece ambele țesuturi servesc ca material nutritiv pînă la dezvoltarea definitivă a polenului.

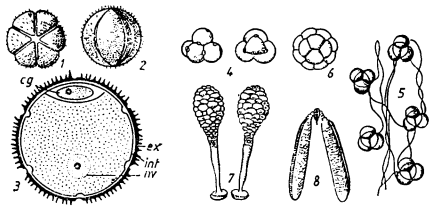



Fig. 336. Granule de polen: *Mentha aquatica* (*1—3*); *3* — secțiune optică prin același granul de polen; *4* — *Jussieua erecta*; *5* — *Rhododendron hirsutum*; *6* — *Calliandra laxa*; *7* — polinii de *Orchis maculata*; *8* — polinii de *Asclepias floribunda*: *cg* — celulă generativă; *ex* — exină; *int* — intină; *nv* — nucleu vegetativ (d. I. Grințescu).

La cele mai multe dicotiledonate granulele de polen continuă să mai rămînă multă vreme unite cîte patru, în tetradă și numai la maturitatea lor completă tetradele se desfac umplînd cavitățile sacilor polinici. La monocotiledonate tetradele se disociază imediat după formarea granulelor de polen.

La *Ericaceae* granulele de polen rămîn unite în tetrade, chiar după ieșirea din sacii polinici, iar la *Acacia* polenul este diseminat din sacii polinici sub formă de glomerule. La *Orchidaceae* și *Asclepiadaceae* polenul părăsește sacii polinici aglutinat. La aceste plante, întreaga masă de polen conținută într-un sac polinic, numită *polinie*, este transportată de agenții polenizatori de pe o plantă pe alta.

Din cele expuse rezultă că antera angiospermelor nu este decît un microsporangiofor producător de tetrade (microsporangi) omoloage tetradelor (microsporangilor) de la pteridofite și gimnosperme.

*Structura granulei de polen de la Mentha aquatica.* Observată la microscop granula de polen prezintă la exterior numeroși spini mici care sînt excrescențe ale exinei. În afară de aceștia granula mai prezintă 6 brazde numite *colpi*, înguste și dispuse simetric. Văzut în secțiune granula de polen este alcătuită dintr-un înveliș numit *sporodermă* în care se disting două pături, *exina* cutinizată și *intina* subțire, celulozică. În dreptul brazdelor exina este subțire și celulozică, iar intina este mai groasă. Îngroșările sînt de natură pecto-celulozică (fig. 336).

În timpul germinării granulei de polen, aceste îngroșări dispar, ceea ce denotă că substanțele celulozo-pectice, din care sînt formate, sînt folosite la formarea tubului polinic.

Conținutul granulei de polen constă din citoplasmă, substanțe de rezervă și două *energide*: una rotundă numită *celulă vegetativă*, cealaltă mai mică, fuziformă, delimitată de un înveliș subțire, numită *celulă generativă*. Această structură a granulei de polen este caracteristică pentru toate angiospermele.

**Tipuri de polen.** Granulele de polen de la angiosperme se prezintă sub forme foarte variate. Variațiile constau în forma și dimensiunile granulelor, dar mai ales în ornamentația și structura exinei. Exina poate fi netedă, dar de cele mai multe ori prezintă diverse ornamentații: verucozități, benzi, rețea etc. Forma, mărimea, ornamentația și structura exinei sînt caracteristice pentru familii, genuri și în unele cazuri chiar și pentru specii.



CPedAdmin 2013

Stabilind prin analiză morfopolinică, căror specii de plante aparține polenul fosil găsit într-un zăcămînt de turbă, se poate deduce compoziția florei și climatul dintr-o anumită perioadă sau epocă geologică.

Din cele arătate mai sus, rezultă că la angiosperme gametofitul masculin este redus la cele două celule din granulul de polen: *celula vegetativă*, omoloagă cu protalul masculin de la ferigile heterospore și *celula generativă*, omoloagă cu anteridia. Prin această reducere la extrem a gametofitului masculin, angiospermele se îndrudesc de aproape cu gimnospermele, cu deosebirea că la acestea din urmă se mai observă totuși un vestigiu din protalul masculin, reprezentat prin două-trei celule protaliene.

### 4.4.8.12. Gineceul

Totalitatea carpelelor dintr-o floare formează gineceul. Carpelele sînt totdeauna așezate pe vîrful axei florale, (receptaculului). Carpelele sînt frunze modificate, ca și staminele, cu deosebirea că și-au păstrat mai mult înfățișarea și structura foliară. La unele plante ca *Helleborus* sp. (fig. 337) se poate observa ușor trecerea de la stamine la carpele.

Rolul gineceului este de a produce *ovule*, iar în ovule se formează *sacii embrionari* sau *macrosporii*.

Întrucît carpelele din floarea angiospermelor sînt omoloage macrosporofilelor de la pteridofite, ovulele sînt omoloage macrosporangilor, iar sacii embrionari sînt omologi macrosporilor.

**Părțile și structura carpelei.** La o carpelă de *Helleborus* sp. se deosebesc trei părți principale: *ovarul*, care este partea bazală umflată; *stilul*, reprezintă partea subțire, continuare a ovarului; *stigmatul* este partea dilatată a extremității stilului.

Ovarul reprezintă limbul unei frunze, pe cînd stilul nu este decît prelungirea nervurii principale a frunzei carpelare. Carpelele angiospermelor sînt totdeauna închise* spre deosebire de gimnosperme ai căror solzi carpelari sînt deschiși.

La o carpelă de spînz secționată transversal se deosebește: o *cavitate ovariană*, delimitată de peretele carpelar. Linia de concreștere a marginilor carpelei se numește *linia de sutură*. Carpela prezintă două fețe: o față *ventrală* și una *dorsală*. Pe partea ventrală care corespunde cu linia de sutură a marginilor carpelei, sînt situate două serii de *ovule*. În aceeași secțiune transversală prin carpelă se observă un fascicul libero-lemnos dorsal care este nervura mediană a carpelei. Pe fața ventrală se află două fascicule numite *placentare* situate în *placentele* formate de marginile carpelei ușor proeminente în interiorul cavității ovariene.

*Structura peretelui carpelar la Helleborus* sp. Analizată la microscop o secțiune transversală prin carpela de spînz se observă la exterior *epiderma externă*, iar la interior *epiderma internă*. Între cele două epiderme se află *mezofilul*. Între celulele epidermei externe se găsesc din loc în loc, *stomate*. Cele două epiderme se ating și concrese

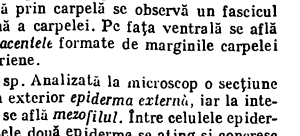



Fig. 337. Trecerea de la stamine la carpele la *Helleborus* sp.:
*1* — stamină; *2, 3* — forme de trecere; *4* — carpelă; *5* — ovarul secționat transversal: *co* — cavitate ovariană; *fm* — fasciculi mediani; *fp* — fascicule placentare; *ov* — ovule (d. I. Grințescu).

* Numai în cazuri tetratologice carpelele angiospermelor rămîn deschise (*Delphinium* sp., *Viola* sp., *Aquilegia* sp., *Reseda* sp., ș.a.).



CreaDidactic 2013

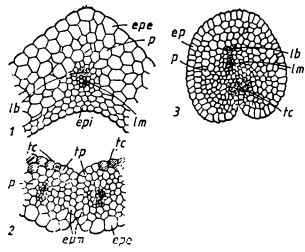



**Fig. 338.** Secțiuni transversale în peretele carpelar (*1*, *2*) și prin stilul (*3*) de la *Helleborus foetidus:*
*epe* — epidermă externă; *epi* — epiderma inferioară; *epm* — epiderma celor două margini carpelare concrescute; *lb* — liber; *lm* — lemn; *p* — parenchim; *fc* — țesut conducător; *tp* — țesut placentar (d. I. Grințescu).

pe *linia de sutură*. În mezofil, în planul median, se găsește un fascicul libero-lemnos cu liberul către exterior și lemnul spre interior.

Pe partea ventrală, în apropierea liniei de sutură, se găsesc două fascicule libero-lemnoase *placentare*.

Mezofilul este alcătuit dintr-un parenchim omogen ale cărui celule conțin cloroplaste.

La interior, pe linia de sutură a marginilor carpelei, se formează un țesut special alcătuit din celule mari pline cu substanțe de rezervă. Acestui țesut alcătuit din celule epidermale și subepidermale i s-a dat numele de *țesut conducător* (țesut de transmitere, țesut stigmatoid); el se prelungește prin stil până la **stigmat**.

În timpul germinației polenului, tubul polinic urmează acest țesut trofic de la stigmat prin stil până la cavitatea ovariană și apoi prin ovul până la sacul embrionar (fig. 338).

**Structura stilului.** Într-o secțiune transversală prin stil se observă un șanț care reprezintă prelungirea liniei de sutură a marginilor carpelei. În regiunea acestui șanț, epiderma și o parte din mezofil participă la formarea țesutului conducător. În planul median al stilului se află un fascicul libero-lemnos care este continuarea fasciculului median al carpelei.

**Forme de stile.** Stilele se prezintă sub forme variate. Astfel, la *Vitis vinifera*, *Ranunculus acer* (fig. 339) stilele sînt scurte; la *Vinca minor* și la *Fritillaria* sp. stilele sînt lungi; la *Zea mays* stilele sînt foarte lungi. La *Tulipa* stilul este masiv și prezintă trei muchii, iar la *Viola* stilul este tubulos.

În general, stilul este terminal, adică se găsește în prelungirea ovarului. La unele plante stilul pornește de la baza carpelei ca la *Fragaria* sp., *Alchemilla* sp., *Symphytum* sp.; asemenea stile se numesc *ginobazice*. La început, în toate aceste cazuri stilele sînt terminale dar ulterior, printr-o creștere inegală a celor două părți opuse ale peretelui carpelar, carpela este aproape răsturnată.

În unele cazuri (*Papaver somniferum*) stilul lipsește, încît stigmatul stă direct pe ovar.

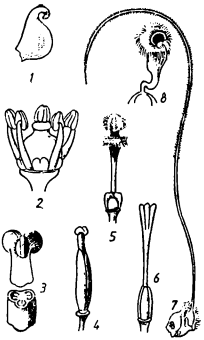
**Homostilie și heterostilie.** La cele mai multe flori stilele sînt *homostile* adică uniforme și de aceeași lungime. Există însă și plante la care la aceeași specie, se găsesc două feluri de flori: unele cu stile lungi și altele cu stile scurte. Primele se numesc *longistile*, iar ultimile *brahistile*.

Heterostilia se întîlnește la *Primula* sp., la *Pulmonaria officinalis* ș.a. În cazuri mai rare se întîlnesc și specii ale căror flori, pe lîngă formele longistile și brahistile, mai prezintă și o formă intermediară. Un astfel de trimorfism se întîlnește la *Lythrum salicaria* (fig. 340).



CDPedAdmin 2013

Fig. 339. Forme de stiluri:
*1 — Ranunculus acer; 2 — Vitis vinifera; 3 — Tulipa gesneriana; 4 — Chelidonium majus; 5 — Vinca minor; 6 — Zea mays; 7 — Viola tricolor* (d. I. Grinţescu).



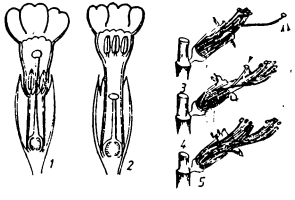




Fig. 340. Heterostilia la *Primula officinalis* (*1, 2*)$_{\frac{1}{2}}$
*1* — floare longistilă; *2* — brevistilă; *3 — 5* — heterostilia la *Lythrum salicaria*: *3* — flori longistile; *4* — flori cu stile de lungime intermediară; *5* — brevistile; săgeţile indică posibilităţile polenizării (d. I. Grinţescu).

**Forme de stigmate.** Stigmatul se prezintă de asemenea sub forme foarte variate. La *Primula* sp. stigmatul este *globoid*; la alte plante este *bilobat* sau *bifid*, *trifid* sau *multifid*, după numărul lobilor pe care îi prezintă. La *Viola* sp. stigmatul este gol (găunos), la *Iris* sp., stigmatul este foliaceu, la mac este stelat, iar la *Nardus stricta*, *Plantago* sp. şi la porumb stigmatul este lung, filiform şi papilos.

Indiferent de formă, stigmatul este totdeauna prevăzut cu papile care secretă un lichid vîscos şi zaharat, datorită căruia granulele de polen sînt prinse şi fixate de stigmat.

Stigmatele multifide ale poaceelor şi de la plantele anemofile au suprafaţa papiloasă considerabil mărită. În cazul cînd gineceul este format din trei carpele ca la *Lilium* sp., stigmatul trilobat indică numărul carpelelor concrescute, fără ca această regulă să fie valabilă totdeauna. Astfel, la grîu şi la alte poacee, ovarul este unilocular şi format dintr-o singură carpelă, deşi ovarul este prevăzut cu două stigmate penatifide. Explicaţia este că în decursul evoluţiei în floarea de grîu s-a redus o carpelă (fig. 341).

**Numărul şi dispoziţia carpelelor pe receptacul.** Numărul carpelelor care participă la formarea gineceului variază de la o plantă la alta. La *Pisum* sp. şi la *Prunus* sp. gineceul este monocarpelar, alcătuit dintr-o singură carpelă. La *Cheiranthus* sp.,



BioDidactic 2013

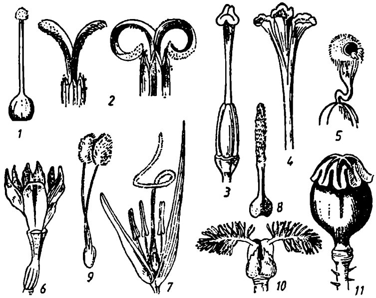


Fig. 341. Forme de stigmate:
1 — globulos (*Primula officinalis*); 2 — bifid (*Arnica montana*); 3, 4 — trifid (*Lilium candidum, Crocus sativus*); 5 — găunos (*Viola tricolor*); 6 — foliaceu (*Iris germanica*); 7, 8 — filiform (*Nardus stricta, Plantago lanceolata*); 9, 10 — papilos (*Setaria glauca, Festuca elatior*); 11 — stelat (*Papaver* sp.) (d. I. Grințescu).

este *bicarpelar*; la *Tulipa* sp. este *tricarpelar*; la *Sedum* sp. *pentacarpelar*, iar la *Ranunculus* sp. ş.a. este *policarpelar*.

În general, numărul carpelelor care intră în alcătuirea gineceului este fix pentru anumite tipuri de plante. Cu toate acestea există însă şi excepţii; la *Helleborus* sp. numărul carpelelor variază de la 3—7.

În ceea ce priveşte dispoziţia carpelelor pe receptacul se deosebesc două tipuri: *ciclic* şi *spirociclic*. La *Sedum* sp. ş.a. dispoziţia este *ciclică*, iar la *Ranunculus* sp. ş.a. este *spirociclică*.

În dispoziţia ciclică primordiile carpelelor apar şi se dezvoltă simultan, pe cînd în cea spirociclică primordiile carpelelor apar şi se dezvoltă succesiv de-a lungul unei spirale mergînd de jos în sus.

**Carpele libere şi carpele concrescute.** La începutul dezvoltării lor carpelele apar pe receptacul ca nişte excrescenţe microscopice (*Ranunculus* sp., *Helleborus* sp. ş.a.). În ambele cazuri carpelele se dezvoltă independent unele de altele. Dezvoltîndu-se, partea inferioară a primordiului devine din ce în ce mai concavă pînă cînd formează o cavitate închisă care este *ovarul*. Un astfel de gineceu alcătuit din mai multe carpele libere se numeşte *apocarp*.

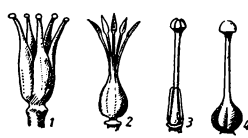
La foarte multe plante însă, primordiile carpelare fiind foarte apropiate, concresc şi dau naştere unui gineceu *sincarp* (cenocarp) ca la *Linum* sp., *Lilium* sp., *Primula* sp. La unele plante însă ca la in, concreşterea carpelelor are loc numai în regiunea ovarului, stilurile rămînînd libere. La crin cele trei carpele sînt aproape în întregime concrescute încît se observă numai trei lobi ai stigmatului; la *Primula* sp. concreşterea este completă (fig. 342).

Din aceste tipuri principale de gineceu prin reducerea carpelelor şi a numărului de ovule, printr-o proliferare a ţesutului carpelar sau prin intercalarea ţesutului axial, se ajunge la o compartimentare ulterioară a ovarului şi la diferenţierea di tipuri derivate de gineceu (*lizicarp*, *pseudomonomer*, *pseudosincarp* etc.) caracteristice pentru diferite grupe de angiosperme (fig. 343).



©Realitatea 2013

Fig. 342. Gineceu apocarp la *Helleborus* sp. (*1*); 2—4 — ginecee sincarpe: *Linum* sp. (*2*); *Lilium* sp. (*3*), *Primula* sp. (*4*) (d. I. Grinţescu).



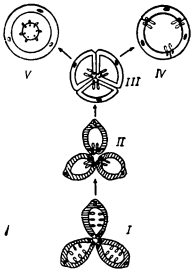




Fig. 343. Evoluţia gineceului după *A. Takhtadjan:* de la gineceul apocarp (*1*) se trece spre cel sincarp (*2*) care poate evolua spre gineceul paracarp (*3*, *4*) sau spre cel lizicarp (d. N. Rădulescu-Mitroiu).

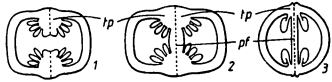



Fig. 344. Formarea peretelui fals în ovarul de *Glaucium luteum:* *1* — secţiune transversală în ovar tînăr; *2* — secţiune transversală în ovar matur; *3* — secţiune transversală în ovar de *Cruciferae:* *pf* — perete fals; *ţp* — ţesut placentar (d. I. Grinţescu).

Gineceul *lizicarp* specific cariofilaceelor provine din cel eusincarp prin resorbirea septurilor, ovarul devenind astfel unilocular.

*Ovar unilocular şi ovar piurilocular.* În cazul cînd într-un gineceu sincarp carpelele concresc numai prin marginile lor lăsînd la mijloc o singură cavitate, gineceul se numeşte *paracarp*; în acest caz ovarul este unilocular (*Viola odorata* ş.a.). În alte cazuri concreşterea carpelelor are loc şi pe o parte din suprafaţa lor încît ovarul poate fi bi-, tri-, tetra-, penta- sau *piurilocular* corespunzător cu numărul carpelelor. Asemenea gineceu se numeşte *eusincarp* şi se întîlneşte la *Cheiranthus* sp. care are ovarul bilocular; la *Lilium* sp. ovarul este trilocular; la *Philadelphus* sp. ovarul este tetralocular, iar la *Linum* sp. este pentalocular.

La unele *Papaveraceae (Glaucium* sp.) ovarul este la început unilocular, iar ulterior cele două ţesuturi placentare se dezvoltă atît de mult încît se ating şi concresc compartimentînd cavitatea ovarului în două loji printr-un perete fals de origine placentară (fig. 344).

Un alt exemplu de ovar bilocular, provenit dintr-un ovar unilocular, se întîlneşte la *Cruciferae* (fig. 344) şi la *Astragalus* sp.; pereţii falşi poartă numele de *septuri*.



CoolAbuse 2013

**Reducerea numărului carpelelor prin avortare.** De obicei într-o floare ciclică, primordiile carpelelor apar şi se dezvoltă simultan şi uniform. Există şi cazuri cînd unul sau mai multe primordii se reduc; la *Valeriana* sp. două din cele trei carpele, dispar. De multe ori însă, carpelele dispar fără a lăsa vreo urmă; la *Prunus* sp. din cele cinci carpele, nu mai rămîne decît una. Un caz similar se află şi la mazăre.

**Concreşterea gineceului cu celelalte părţi ale florii,** este frecventă la *Rosaceae*. Este bine cunoscut cazul de la *Pyrus* sp. ş.a.; la *Cerasus* sp. concreşterea are loc între învelişurile florale şi androceu, gineceul rămînînd liber. La *Sorbus* sp. gineceul este numai pe jumătate concrescut cu androceul şi învelişurile florale.

Ţinînd seamă de poziţia gineceului faţă de celelalte elemente ale florii se deosebesc două tipuri principale de gineceu: *superior* cînd ovarul este liber şi înconjurat numai de celelalte părţi ale florii (*Pisum* sp., *Tulipa* sp. ş.a.); *inferior* cînd ovarul este concrescut cu celelalte părţi ale florii (*Galanthus* sp., *Leucojum* sp.). Între aceste două tipuri de ovare se găsesc forme intermediare.

*Structura gineceului la Lilium candidum.* La crinul alb gineceul eusincarp este tricarpelar, concrescut, superior şi trilocular. Într-o secţiune transversală printr-un asemenea ovar (fig. 345) se observă: *mezofilul* delimitat de cele două epiderme (epiderma externă şi epiderma internă). În mezofil se găsesc cîteva fascicule libero-lem-

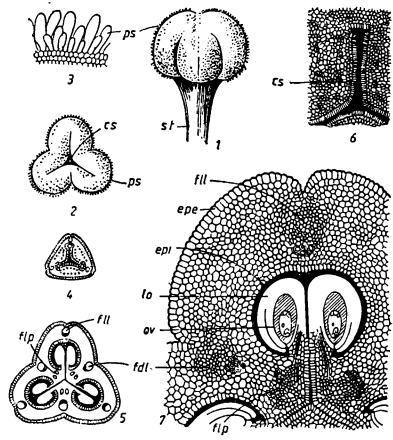



Fig. 345. Structura gineceului la *Lilium candidum*: *1* — stil cu stigmatul văzut din profil; *2* — stigmatul văzut apical; *3* — papilele stigmatului; *4* — secţiune transversală prin stil; *5* — secţiune transversală prin ovar (schemă); *6* — secţiune prin stil (mult mărită); *7* structura ovarului (secţiune transversală): *epe* — epiderma externă; *cs* — canalul stilului; *epi* — epiderma internă; *fll* — fascicul libero-lemnos; *fp* — fascicul libero-lemnos placentar; *fdl* — fascicul dublu provenit din contopirea a 2 fascicule laterale; *lo* — loja ovariană; *ov* — ovul; *ps* — papilele stigmatului; *st* — stil (d. I. Grinţescu).



OCR Arhiva 2013

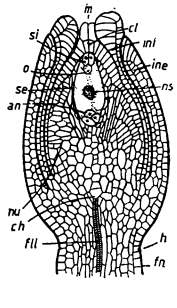



Fig. 346. Structura ovulului la *Polygonum divaricatum:* *an* — antipode; *ch* — chalază; *cl* — calotă; *fll* — fasciculi libero-lemnos; *fn* — funicul; *h* — hil; *ine* — integument extern; *inl* — integument intern; *m* — micropil; *ns* — nucleul secundar al sacului embrionar; *nu* — nucelă; *o* — oosferă; *se* — sac embrionar; *si* — sinergide (d. I. Grinţescu).

noase. Fasciculele corespund cu nervurile mediane ale carpelelor; lemnul acestora este orientat către axa florală.

La crinul alb concreşterea celor trei carpele este completă, iar în regiunile de concreştere celulele epidermale nu se mai deosebesc de celulele mezofilului.

În fiecare lojă ovariană se găsesc cîte două serii de ovule. În regiunea stilului se observă că cele trei ţesuturi „conducătoare" sînt contopite într-un singur *ţesut conducător*.

*Structura ovulului la angiosperme.* Ovulul de la *Polygonum divaricatum* (fig. 346) are o formă alungită; el este fixat pe peretele ovarului de placentă printr-un pedicel numit *funicul*. Analizat în secţiune longitudinală, se observă că ovulul este învelit de două integumente: *integumentul extern* şi *integumentul intern*. Ambele integumente sînt formate din 2—3 straturi de celule. În partea apicală a ovulului cele două integumente lasă un orificiu numit *micropil* (gr. *mikros-*; *pyle-*). Interiorul ovulului este format dintr-un ţesut omogen numit *nucelă* (lat. *nucela* = nucă mică) care ocupă tot spaţiul dintre funicul şi micropil. Fasciculul libero-lemnos din funicul se prelungeşte pînă la baza nucelei; mai rar se ramifică dînd ramificaţii în integumentul extern. Această zonă de la baza nucelei a fost numită *halază* (şalază) (gr. *chalaza* = granulă; numele cordoanelor răsucite care susţin gălbenuşul în ou de găină).

Partea cea mai importantă a ovulului este însă *sacul embrionar* care, la microscop, apare ca o vezicuă înconjurată de ţesutul nuclear. La *Polygonum divaricatum* sacul embrionar este separat de micropil printr-un ţesut numit *calotă*.

Sacul embrionar conţine, în general, şapte nuclee (energide) dintre care trei sînt localizate la polul său apical. Acestea sînt prevăzute cu membrane subţiri de natură proteică. Una dintre aceste energide situată mai spre centrul sacului embrionar, este prevăzută cu un nucleu voluminos şi bogat în cromatină. Această celulă este *oosfera* (gr. *oon-*; *sphaira* = glob, băşică). Celelalte două energide care însoţesc oosfera se numesc *sinergide* (gr. *synergia* = cooperare).

La partea inferioară a sacului embrionar se află trei *antipode* (gr. *anti-*; *podos-*), celule ai căror pereţi sînt subţiri, celulozici. În mijlocul sacului embrionar se află un nucleu voluminos care este *nucleul* (*celula*) *secundar al sacului embrionar*. Elementele esenţiale ale sacului embrionar sînt *oosfera* şi *nucleul secundar*.

În urma dublei fecundaţii din oosferă se formează *zigotul*, punctul de plecare al embrionului, iar din nucleul secundar *endospermul secundar*.



CarteaTehnică 2019

Structura funiculului este foarte simplă. Într-o secțiune transversală prin funicul, la exterior se află o epidermă, iar la interior un parenchim în care este situat un fascicul libero-lemnos, ramificație a fasciculului placentar.

Locul de legătură a ovulului cu funiculul este marcat de o gîtuitură numită *hil* (lat. *hilum* = cicatricea alungită de la un bob de fasole).

Această structură a ovulului de la *Polygonum divaricatum* este caracteristică pentru majoritatea angiospermelor.

**Variații în structura învelișurilor la ovule.** Ovulele cu două integumente ca la *Polygonum divaricatum*, se întîlnesc mai des la monocotiledonate și la majoritatea dialipetalelor. La gamopetale și unele apetale ovulul prezintă un singur integument; dintre dialipetale, umbeliferele, unele ranunculacee ș.a. au ovule cu un singur integument.

În cazuri foarte rare, la plantele parazite și semiparazite (*Viscum album*, *Thesium divaricatum* ș.a.) ovulul este lipsit de integumente. La unele semiparazite ca *Loranthaceae* ovulele de tip obișnuit sînt înlocuite cu niște papile (mameloane) așa numitele ovule rudimentare.

*Natura ovulelor.* Întrucît carpelele sînt frunze modificate ovulele sînt considerate ca lobi foliari, fapt confirmat de numeroase cazuri teratologice. Astfel la *Delphinium* sp. se întîmplă uneori ca cele cinci carpele ale unei flori să rămînă desfăcute, iar pe marginea lor în loc de ovule să prezinte niște lobi mici. Asemenea anomalii sînt frecvente la florile așa zise „bătute" sau „involte".

*Tipuri de ovule.* Ovulul de la *Polygonum divaricatum* este *drept* sau *ortotrop* (gr. *ortos-*; *trope-*) deoarece hilul, halaza și micropilul sînt așezate pe aceeași verticală; funiculul este scurt sau lipsește.

La *Lilium* sp. (fig. 347) ovulul este *răsturnat* sau *anatrop* (gr. *ana-*; *trope-*). La acest tip de ovul funiculul este lung și alipit de ovul, formînd un cordon în relief numit *rafă* (gr. *raphe* = sutură, lipitură). În afară de aceasta ovulul anatrop are aceeași structură ca și cel ortotrop, cu deosebirea că în partea dinspre funicul nucela prezintă un singur integument iar micropilul este situat aproape de hil. Acest tip de ovul este foarte răspîndit la angiosperme.

Un al treilea tip de ovul este cel *campilotrop* (gr. *campylos* = curbat; *trope-*) lipsit de rafă, cu halaza, hilul și micropilul apropiate. Ovule campilotrope se întîlnesc la *Cruciferae*, *Fabaceae* ș.a. Între cele trei tipuri de ovule menționate, există și forme intermediare. Ovulele anatrope și campilotrope sînt considerate ca derivînd de la ovulele ortotrope.

**Numărul ovulelor dintr-un ovar.** Atît la ovarele uniloculare cît și la cele pluriloculare numărul ovulelor variază.

La *Rheum* sp. ovarul unilocular conține un singur ovul ortotrop; cel de la *Primula* sp. și *Vioia* sp. conțin numeroase ovule. Același fenomen se constată și la ovarele pluriloculare. Astfel la *Malus* sp. în fiecare din cele cinci loji se găsesc cîte două ovule anatrope, pe cînd la *Cydonia oblonga* fiecare lojă conține cîte două serii de ovule. Sînt însă și cazuri cînd într-un ovar sincarp plurilocular se află un singur ovul în fiecare lojă, ca la *Oxalis* sp.

De obicei numărul ovulelor dintr-o lojă este determinat, dar se întîmplă, în unele cazuri, cînd ovulele dintr-o lojă nu sînt fecundate și avortează.

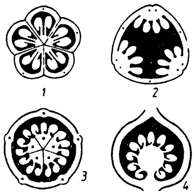
**Originea și dezvoltarea ovulelor la angiosperme.** La angiosperme ovulele iau naștere pe țesuturile placentare. Pe țesutul placentar situat pe peretele ovarului se

Fig. 347. Tipuri de ovule:
*1* — ortotrop; *2* — anatrop; *3* — campilotrop; *ch* — chalază; *fn* — funicul; *m* — micropil (d. I. Grințescu).



CărtiVechi.ro 2013

Fig. 348. Placentație axilară la *Aquilegia vulgaris* (*1*): *2* — *Viola tricolor*, placentație parietală; *3*, *4* — *Primula officinalis* secțiune transversală (*3*) și longitudinală (*4*) prin ovar cu placentație centrală (d. I. Grințescu).



formează un mic mamelon ovoid care este *nucela*. După un anumit timp în jurul nucelei se formează o îngroșare ca o cută care este începutul *integumentului intern* (secundina). Concomitent la baza ovulului se diferențiază *funiculul*. Ceva mai tîrziu, apare la baza ovulului un al doilea *integument* (primina) care crește treptat și acoperă secundina. Ambele integumente lasă la vîrful ovulului un mic orificiu care este *micropilul*.

La dezvoltarea ovulelor anatrope se observă aceleași faze cu deosebirea că în acest caz are loc și o răsturnare a lor. La ovulele campilotrope odată cu răsturnarea corpului ovulului are loc și o curbare a acestuia, încît ovulul devine *reniform*.

**Placentația** reprezintă modul de așezare al ovulelor în interiorul lojilor unui ovar. În cazul cînd carpelele care aicătuiesc un gineceu sincarp sînt concrescute în așa fel încît țesuturile lor placentare se confundă cu axa gineceului, ca la *Lilium* sp. sau *Aquilegia* sp., placentația se numește *axilară* (centrunghiulară). Dacă însă carpelele care participă la formarea unui gineceu sincarp sînt concrescute prin marginile lor, ovarul fiind unilocular, atunci țesuturile placentare sînt îndepărtate de axa gineceului; în acest caz placentația este *parietală* (*Viola* sp.).

În fine, placentația este *centrală* cînd țesuturile placentare situate la baza ovarului adică pe vîrful axei florifere alcătuiesc o formațiune globoidă pe care sînt fixate ovulele. Un exemplu tipic de placentație central-bazală se întîlnește la *Primula* sp.; la primulacee masa placentară este independentă de peretele ovarului (fig. 348).

Cele trei tipuri de placentație prezintă uneori și modificări care survin în decursul dezvoltării ovarului. Astfel, la *Glaucium* sp. ovarul tînăr este unilocular, dar ulterior, prin dezvoltarea țesuturilor placentei, se formează un perete fals — *septum* — pe marginile căruia sînt dispuse ovulele. În acest fel ovarul din unilocular devine bilocular, însă placentația rămîne tot parietală. La *Papaver somniferum* gineceul tînăr este sincarp și unilocular, dar ulterior țesuturile placentare formează septuri care înaintează spre axa ovarului mărind considerabil suprafața ocupată de ovule. Cu toate acestea ovarul rămîne unilocular cu placentația parietală. La *Nymphaea alba* are loc un fenomen similar cu deosebirea că aici țesuturile placentare sub formă de lame ating axa ovarului și din unilocular devine plurilocular. La *Lychnis* sp., *Silene* sp. ș.a., se produce un fenomen invers, adică ovarul tînăr este pentalocular, iar mai tîrziu, prin resorbirea pereților radiali, ovarul devine unilocular (gineceu lizicarp), însă placentația rămîne axilară.

**Poziția ovulelor în lojele ovarului**. Modul în care sînt orientate ovulele în interiorul lojilor ovarului variază. La *Convolvulus* sp. gineceul bilocular și superior conține cîte un singur ovul în fiecare lojă. La această plantă ovulele anatrope sînt fixate la baza lojilor ovariene, cu micropilul orientat în jos. La *Daucus carota* gineceul bilocular inferior conține de asemenea cîte un singur ovul anatrop însă aici ovulul este fixat la partea superioară a lojei astfel încît atîrnă în lojă, micropilul fiind orientat în sus.

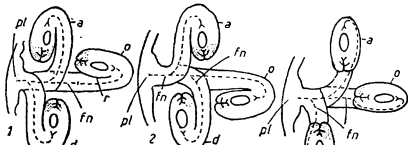



Fig. 349. Ovule anatrope:
*1* — epitrope; *2* — apotrope; *3* — pleurotrope: *a* — ascendente; *d* — descendente; *fn* — funicul; *o* — orizontale; *pl* — placentă; *r* — rafă (d. M. Andrei).

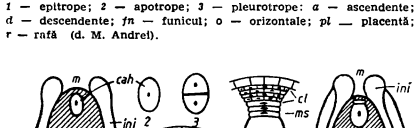



Fig. 350. Originea sacului embrionar (schemă):
*1* — ovul tînăr; *2* — celula inițială (arhesporală) mărită; *3* — diviziunea celulei arhesporale; *4* — formarea calotei și a macrosporilor; *5* — dezvoltarea macrosporului bazal; *6* — ovulul cu macrosporul fertil care devine sac embrionar; *cah* — celulă arhesporală; *cl* — calotă; *ine* — integument extern; *ini* — integument intern; *m* — micropil; *mf* — macrospor fertil; *ms* — macrosporI; *nu* — nucelă (d. I. Grințescu).

Alteori, ovulele anatrope sînt fixate pe pereții laterali ai lojilor ovariene. În aceste cazuri după cum corpul ovulului este situat deasupra funiculului, sub funicul sau lateral față de acesta, ovulele anatrope pot fi: *epitrope, apotrope* sau *pleurotrope*. În funcție de poziția lor în lojile ovariene acestea pot fi: orientate în sus — *ascendente* — sau în jos — *descendente* — sau pot fi *orizontale* (fig. 349).

**Originea sacului embrionar la angiosperme.** Nucela este alcătuită dintr-un țesut omogen delimitat de o epidermă. Sacul embrionar își are originea într-o celulă nucelară subepidermală care prin mărimea sa se deosebește de celelalte celule de care este înconjurată (fig. 350). La un moment dat această celulă, care este diploidă se divide în două celule: una superioară și alta inferioară. Celula superioară, prin diviziuni periclinale și anticlinale, dă naștere unui țesut numit *calotă* format din trei, patru straturi de celule. Celula inferioară numită și *celuta mamă a macrosporilor* (macrosporogenă) se divide prin două diviziuni succesive în patru celule, prima diviziune fiind *reducțională*.

Cele patru celule rezultate se numesc *macrospori*; au nucleele haploide și sînt așezate în serie sub calotă. Una din aceste celule și anume macrosporul bazal ia o dezvoltare deosebită și formează *sacul embrionar*. Ulterior, ceilalți trei macrospori și calota sînt striviți și dispar în urma dezvoltării sacului embrionar (fig. 351).

La început sacul embrionar conține un singur *nucleu haploid* care este *nucleul primar al sacului embrionar*. Pe măsură ce sacul embrionar se dezvoltă, nucleul său

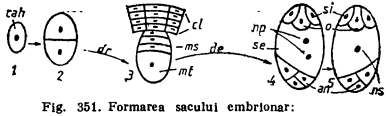



Fig. 351. Formarea sacului embrionar:
*an* — antipode; *cah* — celulă arhesporală; *cl* — calotă; *de* — diviziune ecvațională; *dr* — diviziune reducțională; *mf* — macrospor fertil; *ms* — macrospori; *np* — nucleu polare; *ns* — nucleu secundar; *o* — oosfera; *se* — sac embrionar; *si* — sinergide (d. I. Grințescu).

se divide *ecvațional* și după trei diviziuni succesive se diferențiază opt nuclee. Trei dintre acestea rămîn în partea superioară a sacului embrionar și se înconjoară fiecare cu cîte un înveliș lipido-proteic. Una din aceste trei celule, cea de la mijloc, cu un nucleu bogat în cromatină este *oosfera*; celelalte două formează *sinergidele*. În partea inferioară a sacului embrionar cele trei nuclee și citoplasma din jurul lor se înconjoară cu cîte un înveliș celulozic formînd *antipodele*.

Cele două nuclee haploide rămase în centrul sacului embrionar se contopesc și dau naștere *nucleului secundar* al *sacului embrionar*.

În afară de tipul normal descris mai sînt și alte tipuri în care celula mamă a macrosporilor se divide numai de trei ori ca la *Lilium* sp. sau de două ori, rezultînd în afară de cele două nuclee polare din sacul embrionar o sinergidă și o antipodă (*Plumbagella* sp.). Tabelul X reprezintă o serie de cazuri de formare a sacului embrionar corespunzător cu modul de diviziune al celulei macrosporogene.

**Metamorfoze florale.** La unele plante elementele verticilelor florale interne sînt foliacee, asemănătoare cu învelișurile externe. Această transformare se poate produce ori de la exterior către interior *metamorfoză progresivă*, ori în sens invers *metamorfoză regresivă*.

În *metamorfoza progresivă* se observă descori trecerea de la petale la stamine, ca la *Nymphaea alba*, sau de la stamine la carpele la *Helleborus* sp., *Papaver* sp. ș.a.

În *metamorfoza regresivă* se produce o revenire a organelor florale interne la forma foliacee. Un asemenea caz de transformare a staminelor în organe petaloide (staminodii) este cunoscut la *Canna indica*. Acest proces are loc în mod normal la *Canna*, dar se produce accidental la numeroase plante cultivate mai ales la florile cu multe stamine (*Ranunculaceae, Papaveraceae, Rosaceae*). La *Paeonia* sp. toate staminele sînt transformate în petale; la trandafir numai unele stamine sînt transformate.

Numeroase metamorfoze florale se obțin pe cale experimentală. Folosind diferite metode tehnice speciale, horticultorii au reușit să transforme staminele în organe petaloide la o mulțime de plante. Sînt bine cunoscute cazurile de la *Anemone* sp., bujori, garoafe ș.a. Acestor flori cu staminele transformate li s-a dat numele de „flori bătute" sau „involte".

În cazuri mai rare se poate observa transformarea carpelelor în stamine sau chiar în frunzișoare verzi, ca la *Cerasus* sp. Un caz interesant de metamorfoză se observă la așa numitele „roze verzi", formațiuni tetratologice care apar spontan la unii trandafiri cultivați. La aceștia axa florală în loc să se termine cu un receptacul, dă naștere unui lăstar cu frunze și bractei sau se termină cu un mugure floral. Toate aceste transformări confirmă vechea teorie a lui *Goethe* referitor la metamorfoza organelor florale. Consecința firească a transformării organelor de reproducere în organe foliare este *sterilitatea*.

La florile „bătute", nu toate petalele provin din transformarea staminelor; o bună parte din ele își au originea în primordii suplimentare formate pe receptacul,

Tipuri de SEM la Angiosperme — Tabelul X

| Tipul | Macrosporogeneza | | | Macrogametogeneza | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CMM | 1-a div. | 2-a div. | 3-a div. | 4-a div. | 5-a div. | SEM |
| Monosporic 8-nucleat T.Polygonum tip normal | | | | | | | |
| Monosporic 4-nucleat T.Oenothera | | | | | | | |
| Bisporic 8-nucleat T.Allium | | | | | | | |
| Tetrasporic 16-nucleat T.Penaea | | | | | | | |
| Tetrasporic 8-nucleat T.Fritillaria | | | | | | | |
| Tetrasporic 4-nucleat T.Plumbagella | | | | | | | |
| Tetrasporic 8-nucleat T.Adoxa | | | | | | | |

CMM=celula mamă macrosporală
SEM=sac embrionar matur

independent de primordiile staminelor. Așa se explică cum la o „garoafă bătută" sînt mai mult de 15 petale (5 petale normale, plus 10 organe petaloide provenite din transformarea celor 10 stamine).

Toate aceste fenomene de metamorfoză a organelor florale, care apar în mod spontan, formează obiectul teratologiei, capitol special al biologiei.

### 4.4.8.13. Ecologie florală

După deschiderea caliciului corola continuă să mai crească cîtva timp fără să se deschidă. Dar după un anumit timp corola începe să-și desfacă petalele. Deschiderea și închiderea corolei sînt datorate creșterii de pe fața internă (creștere epinastică) și de pe fața externă (creștere hiponastică) a petalelor.

Cele mai multe plante înfloresc primăvara, dar sînt multe care înfloresc vara sau toamna.

Înflorirea plantelor depinde de condițiile ecologice locale. Astfel se explică de ce epoca înfloririi diferă atît de mult de la o regiune la alta sau de la o altitudine la alta.

La unele plante florile se deschid ziua, pe cînd la altele seara sau în cursul nopții; unele plante ca *Ipomoea* sp. (zorele) se deschid în zorii zilei.

Sînt plante la care înflorirea are loc înaintea deschiderii mugurilor foliari (*Helleborus* sp., *Salix* sp., *Cornus mas*, *Ulmus campestris*, *Frunus spinosa*, *Daphne*

*mezereum, Forsythia suspensa*, ş.a). În țările nordice la *Cornus mas* și *Daphne mezereum* mugurii florali se deschid în același timp cu mugurii foliari.

La foarte multe plante înflorirea coincide cu înfrunzirea (*Fagus sylvatica, Robinia pseudacacia, Amygdalus nana, Galanthus nivalis* ş.a.). Condițiile climatice pot schimba acest fenomen. Astfel se știe că pe litoralul Mediteranei salcîmul înflorește înainte de deschiderea mugurilor foliari, pe cînd în condițiile climatului de la noi el înflorește mult după înfrunzire.

În general, cele mai multe plante înfloresc însă după dezvoltarea frunzelor.

**Durata înfloririi**. Durata înfloririi variază de la un tip de plantă la alta. La *Corydalis* sp. înflorirea durează numai cîteva zile, pe cînd la *Sambucus nigra* ea durează cîteva săptămîni. Sînt însă plante ca *Helianthemum vulgare* la care înflorirea durează mai multe zile.

Dacă considerăm timpul cît durează o floare luată individual variațiile sînt foarte mari, așa cum reiese din exemplele următoare:

La *Hibiscus trionum* floarea durează aproximativ 3 ore
La *Spergularia rubra* floarea durează aproximativ 5 ore
La *Oxalis stricta* floarea durează aproximativ 6—7 ore
La *Erodium cicutarium* floarea durează aproximativ 8—9 ore
La *Portulaca grandiflora* floarea durează aproximativ 10 ore
La *Hemerocallis fulva* floarea durează aproximativ 24 ore
La *Papaver somniferum* floarea durează aproximativ 2 zile
La *Melandrium rubrum* floarea durează aproximativ 4 zile
La *Centaurium erythraea* floarea durează aproximativ 5 zile
La *Lilium candidum* floarea durează aproximativ 6 zile
La *Pelargonium zonale* floarea durează aproximativ 7 zile
La *Orchis morio* floarea durează aproximativ 10—12 zile.

Aceste date fenologice variază însă de la o regiune la alta și de la o altitudine la alta.

La multe plante florile se închid în timpul nopții și pe timp ploios, dar se redeschid imediat ce condițiile mediului sînt din nou favorabile polenizării. Unele flori se deschid o singură dată în viață lor și acestea se numesc *efemere* (*Hibiscus trionum, Oxalis stricta, Portulaca grandiflora* ş.a.).

Referitor la ora deschiderii, florile de:
*Anthoxanthum odoratum* se deschid între orele 7—8
*Tulipa gesneriana* se deschid între orele 9—10
*Avena pubescens* se deschid între orele 15—16
*Melandrium album* se deschid între orele 18—19
*Datura stramonium* se deschid între orele 19—20
*Nicotiana alata* se deschide între orele 20—21
*Cereus nycticalis* se deschide între orele 21—22

Ceasornicele zeiței „Flora" realizată în unele grădini botanice sau parcuri sînt alcătuite dintr-o serie de 24 plante alese după ora la care se deschid corolele lor.

**Polenizarea** reprezintă transportul polenului din anteră pe stigmat. Studiul polenizării florilor implică două probleme la fel de importante: *proveniența polenului* și *factorii* sau *agenții* care intervin *în efectuarea transportului acestuia*.

O floare poate fi fecundată cu propriul său polen sau cu polenul provenit din altă floare de pe același individ sau de la un alt individ din aceeași specie.

**Flori hermafrodite**. O floare se numește *hermafroditâ* (gr. *Hermes* = zeul Hermes; *Aphrodite* = Zeița Afrodita) atunci cînd prezinta stamine și carpele. În cazul cînd într-o floare hermafroditâ staminele și carpelele ajung la maturitate în același timp floarea se numește *homogamă* (gr. *homos-*; *gamos-*).

**Flori unisexuate sau dicline.** Florile care prezintă un singur fel de organe sexuale se numesc *unisexuate* sau *dicline* (gr. *dis-*; *kline-*). După cum conțin numai stamine sau carpele, florile unisexuate masculine și feminine se pot găsi pe același individ (*Zea mays, Corylus avellana, Quercus* sp. ș.a.). Asemenea plante se numesc *monoice* (gr. *monos-*; *oikos-*). Dacă cele două feluri de flori se găsesc pe individi separați ca la *Salix* sp., *Cannabis* sp., *Lychnis dioica* ș.a. se numesc *dioice* (gr. *dis-*; *oikos-*).

**Flori poligame.** La unele compozite (*Leontopodium alpinum*) inflorescența este alcătuită din flori hermafrodite, flori masculine și flori feminine. Asemenea plante se numesc *poligame*. La angiosperme poligamia este destul de rară.

**Polenizarea directă** (autopolenizare). Polenizarea unei flori cu propriul său polen se numește *polenizare directă* sau *autopolenizare*. Pentru realizarea polenizării directe, floarea trebuie să fie hermafroditică, iar polenul să fie pus în libertate în momentul cînd stigmatul este matur, acest sincronism fiind obligator.

La multe plante, polenizarea directă se realizează foarte ușor. La *Vitis vinifera, Pisum* sp., ș.a. polenul, la deschiderea anterelor, se găsește deja în contact cu stigmatul. Uneori staminele, se apropie de stigmat îndată ce polenul este matur. De cele mai multe ori staminele sînt îndepărtate de gineceu, însă o ușoară mișcare a acestora poate înlesni ajungerea polenului pe stigmat.

**Dispozitive care înlesnesc polenizarea.** La florile de *Arnica* sp. dispozitivul polenizării directe este foarte simplu. La aceste flori stilul ieșind din tubul format prin concreșterea celor cinci antere se încarcă cu polen; ulterior cei doi lobi ai stigmatului îndoindu-se ating cu partea lor superioară papiloasă polenul depus pe stil.

Mai complicat este dispozitivul autopolenizării la florile de *Centaurea cyanus* (fig. 352). O floare de la această plantă are cinci stamine cu anterele concrescute ca și la *Arnica montana* dar cu tubul anterelor mai scurt. Stilul în regiunea stigmatului este prevăzut cu un inel de peri numiți *peri colectori*; crescînd el își face loc prin tubul anterelor. În stare de repaus filamentele staminelor sînt curbate. La maturitate anterele se deschid pe fața lor interioară, punînd în libertate polenul care este împins în sus de stil, ca și în cazul precedent. La scoaterea polenului contribuie și inelul de peri de la extremitatea stilului. La această plantă și filamentele staminelor sînt sensibile ceea ce înlesnește evacuarea polenului din tubul anterelor. La o floare de albăstriță în repaus, filamentele staminelor sînt îndoite, dar la cea mai mică excitație, ele se îndreaptă brusc, ceea ce face ca tubul anterelor să fie ridicat pînă la nivelul stigmatului. Cînd excitația încetează filamentele staminale revin la forma lor din starea de repaus. Datorită acestor mișcări care se repetă de nenumărate ori polenul scos afară din tubul anterelor ajunge pe stigmat. Stilul împreună cu inelul său de peri funcționează ca și în cazul precedent, la fel cu o perie în formă de sul.

Un dispozitiv interesant, deși mai simplu, de autopolenizare se întîlnește la florile de *Berberis vulgaris*. Și la aceste flori filamentele staminelor au o anumită

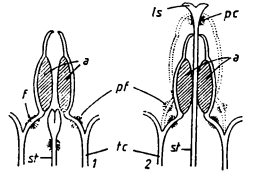



Fig. 352. Autopolenizarea la *Centaurea cyanus:*
*1* — floare cu stilul încă scurt și cu lobii stigmatului alipiți; *2* — stilul a depășit tubul staminal: *a* — antere; *f* — filamentele staminelor; *ls* — lobii stigmatului; *pc* — peri colectori; *pf* — perii de pe filamentele staminale; *st* — stil; *tc* — tubul corolei (d. I. Grințescu).

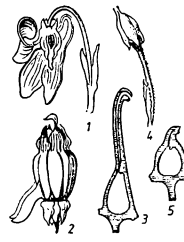



Fig. 353. Floarea normală de *Viola odorata* (secțiune longitudinală) (*1*);
*2* — aceeași după îndepărtarea corolei; *3* — gineceul unei flori normale (secțiune longitudinală); *4* — floare cleistogamă; *5* — gineceul unei flori cleistogame cu stilul foarte scurt (secțiune longitudinală (d. I. Grințescu).

sensibilitate, mai ales baza acestora, pe fața dinspre gineceu. Stratul sensibil aici este chiar epiderma.

Dacă la o asemenea floare de curînd deschisă se atinge, cu ajutorul unui ac, epiderma de la baza unui filament staminal, se observă cum stamina se apropie brusc de gineceu și depune pe stigmat cîteva granule de polen.

**Autopolenizarea la florile cleistogame.** Florile tardive de *Viola odorata* sînt cleistogame (gr. *cleistos* = închis; *gamos-*) adică nu se deschid, încît polenizarea nu se face decît pe cale directă. La aceste flori, comparativ cu cele normale, stilurile și stigmatele sînt scurte, iar staminele stau strîns alipite de gineceu (fig. 353).

*Leclerc du Sablon* (1900) care a studiat acest tip de polenizare, a observat că la florile cleistogame ale acestei plante, granulele de polen germinează deja în interiorul sacilor polinici. Cînd tuburile polinice ies din antere întîlnesc orificiul stigmatului și pătrund direct în cavitatea ovariană.

**Polenizarea indirectă** (alogamă, încrucișată). La florile hermafrodite prezența staminelor și a carpelelor nu este obligatorie pentru polenizarea directă. Se cunosc numeroase plante ale căror flori hermafrodite se comportă ca și cum ar fi unisexuate din cauză că nu există un sincronism în ceea ce privește maturitatea organelor sexuale. Astfel la unele flori hermafrodite staminele se dezvoltă și ajung la maturitate înaintea gineceului sau invers, stigmatul se dezvoltă și este apt să fixeze granulele de polen înainte de deschiderea anterelor. Această lipsă de simultaneitate în maturarea organelor sexuale se numește *dihogamie* (gr. *diha* = în doi, cu doi, *gamos-*).

Florile dihogame sînt *protandre* și *protogine*. La florile *protandre* sau *proterandre* (gr. *protos-*; *andros-*) care sînt mai frecvente, sacii polinici se golesc de polen cu mult înainte ca stigmatul să fie matur. Mai tîrziu cînd stigmatul devine lipicios, anterele sînt deja goale. De aceea la aceste flori polenizarea nu se poate face decît pe cale indirectă. Polenul unei asemenea flori nu poate poleniza decît o floare mai matură al cărei stigmat este apt să fixeze granulele de polen (*Umbelliferae, Labiatae, Campanulaceae, Compositae, Geranium pratense, Epilobium* sp., *Malva* sp. ș.a.).

La florile *protogine* sau *proterogine* (gr. *protos-*; *gyne-*) stigmatul se dezvoltă într-un moment cînd anterele sînt prea tinere, iar mai tîrziu cînd acestea se deschid, stigmatul este deja vestejit. Evident că și în acest caz polenul nu poate fi utilizat la polenizarea propriei sale flori. La *Parietaria officinalis* în momentul polenizării, anterele se deschid brusc împroșcînd polenul pe stigmatele florilor mai tinere din aceeași inflorescență. Exemple de protoginie sînt destul de numeroase (*Plantago* sp., *Helleborus* sp., *Pyrus* sp., numeroase poacee ș.a.).



©Pedahunc 2013

Florile *dihogame* protandre sau protogine nu pot fi considerate ca flori hermafrodite decît din punct de vedere morfologic, fiziologic fiind unisexuate; polenizarea la aceste flori nu se poate efectua decît pe cale indirectă.

În ceea ce privește plantele *unisexuate monoice* (porumbul, alunul ș.a.) polenizarea se face atît direct cît și indirect prin intermediul vîntului. Este și cazul de la *Berberis vulgaris* la care de obicei are loc o autopolenizare. Aceste flori sînt însă bogate în nectar și ca atare foarte vizitate de insecte, încît polenizarea lor se face și pe cale indirectă. La plantele *unisexuate dioice* polenizarea nu se poate face decît pe cale indirectă.

Polenizarea indirectă care are loc între doi indivizi din aceeași specie este tot o formă de polenizare încrucișată. La secară, plantă protandră, polenizarea nu se poate face decît indirect sau pe cale încrucișată, dar prin intermediul vîntului. La o serie de plante cultivate polenizarea cu polen propriu (autopolenizarea) este uneori mai avantajoasă decît polenizarea încrucișată (alogamia). Alteori, dimpotrivă, este mai bună polenizarea încrucișată; la secară florile polenizate cu polen propriu rămîn sterile.

În livezile cu pomi fructiferi se recomandă în mod special introducerea stupilor de albine care ducînd polenul de la o floare la alta contribuie la polenizarea încrucișată asigurînd astfel fecundarea unui mai mare număr de flori.

**Polenizarea la florile heterostile.** La florile brevistile unde staminele sînt situate în gîtul corolei, are loc autopolenizarea; polenul desprins din anteră cade direct pe stigmat.

La florile dolicostile stilul este atît de lung încît ajunge pînă la gîtul corolei depășind staminele. La acestea (*Primula officinalis*) polenizarea nu se poate realiza decît indirect; ambele forme de flori pot să se găsească în același loc (fig. 354).

**Factorii polenizării.** Principalii factori care intervin în procesul polenizării sînt: *gravitația, vîntul, insectele*, mai rar *păsările* și *apa*.

*Gravitația.* La florile brevistile polenul cade pe stigmat în virtutea propriei sale gravitații. Acest fenomen se poate produce în aceeași floare, dar poate avea loc și în aceeași inflorescență.

*Vîntul.* Plantele ale căror flori sînt polenizate prin vînt se numesc *anemofile* (gr. *anemos* = vînt; *phileo* = a iubi).

Principalele însușiri ale plantelor anemofile sînt următoarele: sînt plante unisexuate monoice sau dioice; au florile masculine dispuse în *amenți* formați din numeroase flori (alunul, nucul, stejarul ș.a.); granulele de polen sînt mici ca

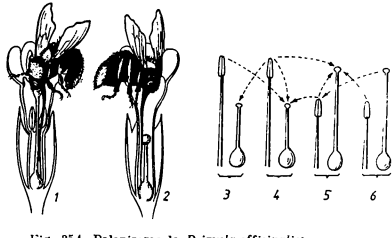



Fig. 354. Polenizarea la *Primula officinalis:*
*1, 2* — flori vizitate de bondari: *1, 5, 6* — flori longistile; *2, 3, 4* — flori brevistile; *3—6* — polenizarea la florile heterostile (d. I. Grințescu).

dimensiuni, 30—40 μm în diametru; filamentele staminelor sînt lungi şi filiforme, iar anterele sînt în general *oscilante*, ceea ce permite împrăştierea polenului cu uşurinţă (graminee); inflorescenţele produc o mare cantitate de polen (porumbul produce peste 50 milioane de granule de polen); în timpul transportului de la o plantă la alta, o bună parte din polen se pierde, însă cel puţin o granulă de polen ajunge pe stigmatul unei flori feminine; florile feminine au stigmate lungi şi filiforme, deseori pendule ca la porumb, cînepă, hamei ş.a. sau acestea sînt multifidate sau penat ramificate ca la grîu, ceea ce măreşte suprafaţa papiloasă a stigmatului.

Plantele ale căror flori sînt polenizate prin intermediul insectelor se numesc *entomofile* (gr. *entomos* = insectă; *phileo-*).

La florile hermafrodite homogame, insecta căutînd nectarul atinge anterele deschise şi astfel granulele de polen se prind de corpul ei. În momentul cînd insecta părăseşte floarea unele granule de polen pot trece de pe corpul ei pe stigmatul florii (polenizare directă). Vizitînd alte flori insecta depune polen pe stigmatul acestora realizîndu-se astfel o polenizare indirectă. La florile *dihogame* şi cele *unisexuate* insectele sînt indispensabile în efectuarea polenizării.

Vizitînd o floare protandră insecta se încarcă cu polen, iar mergînd la o floare protandră mai bătrînă, polenul de pe corpul ei se scutură pe stigmat. La fel are loc transportul polenului cînd insecta vizitează succesiv o floare masculină şi una feminină de la o plantă unisexuată.

În ceea ce priveşte florile dolicostile acestea nu pot fi polenizate decît prin intermediul insectelor. Rolul insectelor în polenizarea indirectă a florilor poate fi verificată pe cale experimentală. Astfel se ştie că florile de la trifoiul roşu polenizate cu propriul lor polen rămîn sterile, încît intervenţia bondarilor (*Bombus*) este absolut necesară pentru formarea seminţelor.

Plantele care sînt polenizate de către păsări se numesc *ornitofile* (gr. *ornis* = pasăre; *phileo-*). Florile acestor plante sînt în general mari, viu colorate şi produc nectar din abundenţă.

Păsările polenizatoare sînt în general mici avînd un cioc lung şi subţire cu ajutorul căruia sug nectarul din flori, din zbor la fel ca fluturii de noapte. Păsările polenizatoare aparţin Trochilidelor avînd ca reprezentant genul *Trochilus*; ele se numesc *colibri* (*păsări muscă*).

Florile de *Tecoma* sp. şi de *Jacaranda* sp. din ţările subtropicale sînt polenizate de colibri. Florile de *Fuchsia* sp. din Noua Zeelandă sînt de asemenea polenizate de păsări; în condiţiile din ţara noastră această plantă rămîne sterilă.

Cele mai multe plante acvatice sînt polenizate prin vînt sau cu ajutorul insectelor. Numai excepţional unele flori sînt polenizate prin intermediul apei.

Cazul cel mai cunoscut este cel de la *Vallisneria spiralis*, plantă acvatică, dioică, răspîndită în diferite bălţi şi lacuri din ţară. Florile masculine ale acestei plante sînt grupate formînd un ament globulos învelit într-o bractee (spată). O floare masculină prezintă un perigon format din trei elemente (tepale) şi două stamine. În timpul polenizării florile masculine se desprind de pe axa inflorescenţei şi se ridică, una cîte una, la suprafaţa apei; aici se deschid atît perigonul cît şi anterele staminelor. Florile masculine plutesc libere la suprafaţa apei pînă ce întîlnesc o floare feminină.

Florile feminine sînt prevăzute cu un peduncul foarte lung, răsucit în spirală. Datorită acestui peduncul care se desface, florile feminine se ridică la suprafaţa apei, dar rămîn ancorate. Ajunse la suprafaţa apei florile feminine se deschid, desfăcînd cele trei stigmate, gata să întîlnească o floare masculină adusă de valuri. Florile masculine aduse de curenţii apei, întîlnesc stigmatele florilor feminine şi astfel se efectuează polenizarea. După aceea floarea feminină se închide din nou şi

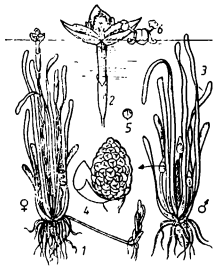


**Fig. 355. Polenizarea la *Vallisneria spiralis:***
*1* — plantă feminină; *2* — floare ♀ (mărită); *3* — plantă masculină; *4* — inflorescență masculină; *5* — o floare masculină desprinsă se ridică la suprafața apei; *6* — floare masculină în momentul polenizării (d. I. Grințescu).

se retrage treptat în apă, datorită pedunculului său floral care se spiralizează. Fructul și semințele se maturează în apă (fig. 355).

În timp ce la *Vallisneria* înflorirea și polenizarea au loc în aer, la *Ceratophyllum* sp. o altă plantă acvatică dar monoică, atît înflorirea cît și polenizarea se efectuează în apă.

**Polenizarea artificială.** Practica polenizării artificiale este cunoscută din timpuri străvechi. Vechii arabi știau că la curmal fructificația este slabă dacă într-o oază, pe lîngă exemplarele de curmali feminini sînt puțini curmali masculini. De aceea arabii s-au gîndit să scuture inflorescențele masculine peste cele feminine, realizînd astfel o polenizare artificială. În acest mod au obținut o fructificație abundentă și o reducere simțitoare a numărului arborilor masculini.

Un procedeu asemănător este folosit de către arabii algerieni la fertilizarea smochinului care este un arbore în general dioic. În momentul polenizării, fructele smochinului sălbatic (*Caprificus*) adăpostesc insecta *Blastophaga grossorum* care deține un rol important în polenizarea smochinului.

În vederea polenizării artificiale, smochinele sălbatice sînt înșirate pe sfori sau se fac din ele buchete pe care localnicii le atîrnă pe crengile smochinilor comestibili. În felul acesta prin intervenția omului este asigurată polenizarea smochinului.

Principiul polenizării prin intervenția omului se aplică și altor plante de interes economic, cum este vanilia (*Vanilla planifolia*) o orchidacee agățătoare din America centrală și Mexic, unde florile acestei plante sînt polenizate de către insecte.

Polenizarea artificială se practică astăzi pe scară întinsă în horticultură și agricultură.

**Germinația polenului și dubla fecundație la Angiospermae.** Eliberat din sacul polinic și dispunînd de o cantitate suficientă de substanțe de rezervă, granula de polen este capabilă să germineze, adică să formeze un tub polinic. În condiții normale, adică în prezența aerului și la o umiditate și temperatură corespunzătoare granula de polen iese din starea de repaus și începe o viață activă.

În aceste condiții și după ce a absorbit o anumită cantitate de apă, granula de polen se umflă. La un moment dat, din cauza presiunii osmotice din interior, exina crapă, în timp ce intina se bombează către exterior formînd un filament hialin care crește depășind de cîteva sute de ori diametrul granulei de polen. Acesta este *tubul polinic*. În general tubul polinic începe să se diferențieze în locul unde rezistența exinei este mai slabă, adică în dreptul unui por, unde intina pre-



CPreda Anne 2013

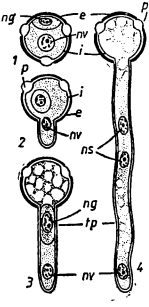



Fig. 356. Principalele faze ale germinației granulei de polen:
*e* — exină; *i* — intină; *ng* — nucleu generativ; *nv* — nucleu vegetativ; *ns* — nuclee spermatice; *p* — por; *tp* — tub polinic (d. I. Grințescu).

zintă niște îngroșări lenticulare, de natură celulozică. Acest material plastic este folosit la formarea peretelui tubului polinic (fig. 356).

Ajungînd pe stigmatul unei flori, granula de polen este reținută de lichidul viscos secretat de papilele stigmatului. Aderența granulelor de polen este facilitată și prin faptul că exina prezintă diverse asperități care constituie ornamentația exinei, caracteristică pentru diferiți taxoni. După scurt timp, granula de polen germinează; tubul polinic crește în lungime înaintînd încet și strecurîndu-se printre papilele stigmatului pătrunde în țesutul moale al acestuia orientîndu-se către axa ginecelului ocupată de țesutul conducător. Hrănit de acest țesut, tubul polinic crește și înaintează către cavitatea ovariană.

După cum se știe, stigmatul nu este numai un organ receptor al granulelor de polen, ci rolul său principal este de a servi ca substrat hrănitor în prima fază a germinării polenului.

În cazul cînd stilul este plin (*Primula* sp.) tubul polinic înaintează printre celulele „țesutului conducător" ale cărui celule se gelifică facilitînd astfel avansarea și nutriția tuburilor polinice; acest mod de pătrundere este *endotrop*. Dacă stilul prezintă un canal sau este în formă de pîlnie ca la *Lilium martagon* tubul polinic se strecoară printre papilele stigmatului și apoi prin canalul stilului pînă cînd ajunge la țesutul conducător din stil; acest mod de înaintare a tubului polinic este *ectotrop*.

La începutul germinării granulei de polen citoplasma acestuia trece în tubul polinic și se concentrează către vîrf antrenînd atît celula vegetativă cît și cea generativă. Aceasta din urmă, după ce iese din granulă, se deplasează treptat în tubul polinic în apropierea celulei vegetative. Rolul celulei vegetative, situată de obicei la vîrful tubului polinic, nu este bine cunoscut; se presupune că secretă enzime care gelifică pereții celulozici ai celulelor țesutului conducător, permițînd astfel înaintarea tubului polinic spre cavitatea ovariană.

La majoritatea angiospermelor, mai ales în cazul ovulului ortotrop, tubul polinic ajuns în cavitatea ovariană pătrunde în sacul embrionar prin micropil, proces numit *porogamie*.

La unele angiosperme însă, după ce a ajuns în cavitatea ovariană, tubul polinic urmează țesutul placentar pînă la baza ovulului pătrunzînd în sacul embrionar prin regiunea *halazală* de unde și denumirea de *halazogamie*. De altfel între poro-



CarteAdmin 2013

gamie şi halazogamic există forme intermediare. La *Ulmus* sp. tubul polinic după ce traversează stilul şi ajunge în cavitatea ovariană pătrunde lateral în sacul embrionar.

În general, numărul tuburilor polinice care pătrund în cavitatea ovariană depinde, în primul rînd, de numărul ovulelor din ovar. Astfel în cazul ovarului trilocular de la *Lilium* sp., *Tulipa* sp. ş.a. pătrund numeroase tuburi polinice, însă numai cîteva ajung pînă în cavitatea ovariană, iar spre un ovul se îndreaptă un singur tub polinic; celelalte se resorb pe parcurs.

În ceea ce priveşte timpul necesar unui tub polinic ca să parcurgă distanţa de la stigmat pînă la sacul embrionar al unui ovul, acesta este caracteristic pentru fiecare specie, însă depinde şi de lungimea stilului. La crin, unde stilul este lung, tubului polinic îi trebuie 24 ore ca să ajungă de la stigmat la sacul embrionar. Cu toate acestea la *Arum maculatum*, unde stilul nu are decît 2—3 mm, tubului polinic îi trebuie 5 zile ca să ajungă la sacul embrionar. La orchidacee creşterea tubului polinic are loc foarte încet, încît tubul polinic parcurge distanţa de la stigmat la sacul embrionar în cîteva săptămîni, deşi stilul florilor de orchidee este foarte scurt.

### 4.4.8.14. Fecundaţia şi formarea zigotului la angiosperme

În momentul cînd tubul polinic vine în contact cu sacul embrionar, în interiorul tubului se găsesc cei doi gameţi masculini rezultaţi din diviziunea celulei generative. Aceştia se deplasează în tubul polinic cu ajutorul curenţilor protoplasmatici, spre vîrful tubului.

În cursul pătrunderii tubului polinic în sacul embrionar, celula vegetativă începe să se dezorganizeze; tubul pătrunde mai întîi într-una din sinergide. La locul de contact cu sinergida, vîrful tubului polinic se gelifică, iar cei doi gameţi masculini sînt puşi în libertate. Unul din gameţi se contopeşte cu oosfera şi cel de al doilea gamet cu celula (nucleul) secundară a sacului embrionar (fig. 357). Acest proces complex constituie *dubla fecundaţie* caracteristică angiospermelor.

În cursul acestui proces de fecundaţie are loc mai întîi *plasmogamia* urmată de *cariogamie*. Celula nouă provenită din plasmogamia şi cariogamia celor două elemente sexuale haploide este *celula ou* sau *zigotul* primar care odată format se înconjoară cu un înveliş celulozic.

Începînd cu zigotul, noua plantă rezultată (sporofitul) va avea nuclee diploide. Această fază va continua pînă la formarea altor celule reproducătoare.

**Originea endospermului la angiosperme.** În cursul procesului de dublă fecundaţie al doilea gamet masculin se contopeşte cu celula secundară a sacului embrionar diploid rezultînd *zigotul accesoriu* triploid. Din zigotul propriu-zis primar se diferenţiază embrionul şi în final o nouă plantă, iar din zigotul accesoriu se formează endospermul secundar (albumenul), un ţesut cu rol trofic.

Dubla fecundaţie a fost observată pentru prima dată de către *S. G. Nawaschin* (1898) la *Fritillaria tenella*. Descoperirea acestui proces biologic deosebit de important a fost confirmată de către *E. Guignard* (1899) la *Lilium martagon*. Ulterior dubla fecundaţie a fost observată şi la alte angiosperme, încît în prezent se admite că ea constituie cel puţin cazul normal la marea majoritate a angiospermelor.

**Importanţa biologică a dublei fecundaţii la angiosperme.** În timp ce la gimnosperme endospermul primar se formează fără fecundaţie la angiosperme endospermul secundar ia naştere după fecundaţie. Caracterul mixt al acestui ţesut trofic se datorează faptului că moşteneşte însuşiri atît de la organismul patern prin spermatie, cît şi de la cel matern prin oosferă.



BCU Cluj / Central University Library Cluj

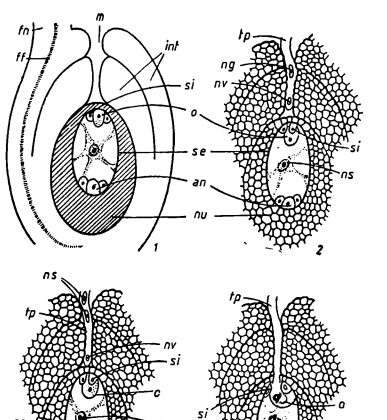



Fig. 357. Etapele fecundației la *Angiospermae:*
*1* — ovulul înainte de fecundație; *2* — vîrful tubului polinic prin micropil spre nucelă; *3* — formarea celor două nuclee spermatice (gameți — $g^1$, $g^2$); *4* — contopirea unui nucleu spermatic cu oosfera și a celui de al doilea cu nucleul secundar: *an* — antipode; *fn* — funicul; *ff* — fasciculul funicululul; *int* — integumente; *m* — micropil; *nu* — nucelă; *ng* — nucleu generativ; *ns* — nucleul secundar al sacului embrionar; *ns* — nuclee spermatice; *nv* — nucleu vegetativ; *o* — oosferă; *se* — sac embrionar; *stn* — sinergide; *tp* — tub polinic (d. I. Grințescu).

După fecundație micropilul ovulului se închide și sfîrșitul procesului sexual se trădează prin vestejirea, uscarea și în general căderea caliciului și a corolei. Se usucă de asemenea și cad staminele cu anterele golite de polen și în cele mai multe cazuri, dispar și stilele. Uneori stilele uscate însoțesc fructele pînă la maturitate. Singur ovarul continuă să se dezvolte formînd fructul, în timp ce ovulele fecundate devin semințe.

### 4.4.8.15. Originea și dezvoltarea embrionului (embriogeneza)

După fecundație zigotul primar se înconjoară cu o membrană plasmatică sau celulozică, foarte fină, care facilitează schimbul de substanțe cu plasma înconjurătoare. După o perioadă latentă sau de maturare care variază la diferite plante, zigotul primar începe să se dividă, însă după diviziunea zigotului accesoriu. În

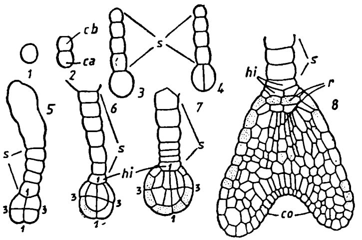



Fig. 358. Originea embrionului și a suspensorului la *Capsella bursa-pastoris* (*1—4*):

*1* — zigot; *2* — celula inițială a suspensorului (*cb*) și cea inițială a embrionului (*ca*); *3* — formarea suspensorului; *4* — diviziunea celulei *ca* care generează embrionul; *5—8* — dezvoltarea embrionului: *5* — proembrion din opt celule (octanți); *6* — diferențierea protodermei; *7* — stadiu mai avansat; *8* — diferențierea celor două cotiledoane și a radiculei; *ca* — celulă apicală; *cb* — celulă bazală; *hi* — hipofiză; *co* — cotiledon; *r* — radicelă; *s* — suspensor (d. I. Grințescu).

timpul perioadei de maturație zigotul crește considerabil ca dimensiuni și începe să se dividă. Prima diviziune a zigotului are loc transversal, la majoritatea angiospermelor, mai rar longitudinal, rezultînd două celule suprapuse. Cea mai apropiată de micropil este denumită celulă *bazală*, iar cealaltă celulă *apicală*. Acest proembrion bicelular se divide apoi longitudinal și transversal ceea ce duce în final la formarea unui proembrion alcătuit de obicei din două părți distincte: *suspensorul* și *corpul* (globulul) *embrionar* (fig. 358).

Suspensorul este o formațiune variată ca formă, mărime și structură cu care se fixează în endosperm de unde extrage substanțele nutritive necesare dezvoltării embrionului.

La *Capsella bursa-pastoris* suspensorul se diferențiază din celula bazală; este lung, filamentos, alcătuit dintr-un șir de celule puse cap la cap, cu o celulă bazală mare, veziculară cu rol de haustor.

Celula apicală se divide repetat generînd un mic masiv 4 — celular care reprezintă proembrionul tetracelular în stadiu de *cvadrant*. Fiecare celulă din cvadrant se divide transversal rezultînd opt celule situate în două etaje, ceea ce reprezintă stadiul de *octant*.

Ulterior, prin diviziuni periclinale, fiecare din cele opt celule ale proembrionului se divide din nou în cîte două celule, astfel că în acest stadiu se formează un strat de celule externe care alcătuiesc *protoderma* și un masiv de celule interne care alcătuiesc un *meristem* central format din opt celule. Aceste celule meristematice continuă să se dividă și într-un timp mai îndelungat formează primordiile celor două cotiledoane ale embrionului. Partea cilindrică din centrul embrionului este axa hipocotilă (hipocotilul); în acest stadiu embrionul apare aproape cordat, în secțiune longitudinală. Curînd hipocotilul și cotiledoanele se alungesc mai ales prin diviziuni transversale ale celulelor constituiente și în interiorul hipocotilului începe să se diferențieze un *procambiu* și un *meristem fundamental* din care



©Rebis 2013

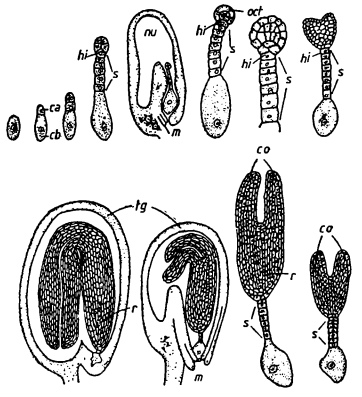



Fig. 359. Embriogeneza la *Capsella bursa-pastoris:*
*ca* — celulă apicală; *cb* — celulă bazală; *co* — cotiledon; *hi* — hipofiză; *m* — micropil; *nu* — nucelă; *oct* — octant; *r* — radiculă; *s* — suspensor; *tg* — tegument seminal (d. Rădulescu-Mitroiu).

vor lua naștere scoarța și cilindrul central al tulpiniței. Între cei doi lobi ai cotiledoanelor se află un grup de celule care vor da naștere *mugurașului* (gemulei).

În regiunea suspensorului, dintr-un alt grup de celule, opus hipocotilului, se diferențiază *radicula*.

În cursul dezvoltării ulterioare, embrionul crește mult mai repede decît suspensorul; ovulul fiind campilotrop se înconvoaie luînd forma nucelei care aici este curbată (fig. 359).

La *Capsella*, în timpul dezvoltării, embrionul consumă aproape tot endospermul secundar, exceptînd stratul periferic, astfel că în cele din urmă embrionul ocupă întreaga cavitate a sacului embrionar.

La grîu, ricin ș.a. embrionul nu consumă în timpul dezvoltării sale decît din endosperm.

La monocotiledonate, embriogeneza se desfășoară asemănător ca la *Capsella*, cu deosebirea că se formează un singur cotiledon terminal aproape cilindric. Din această cauză meristemul apical al tulpinii sau inițialele gemulei, este situat lateral față de cotiledoane. Datorită poziției laterale a regiunii de creștere a tulpinii, embrionul monocotiledonatelor este asimetric.

În ceea ce privește gradul său de dezvoltare, embrionul prezintă numeroase variații. La unele plante trecerea seminței în stare latentă găsește embrionul în diferite etape de dezvoltare. Astfel s-a constatat că în timp ce la grîu și la fasole embrionul este complet dezvoltat în acest stadiu, la *Capsella*, *Hedera*, *Ranunculus* ș.a. diferențierea embrionului este mai puțin avansată. La unele plante parazite ca *Orobanche* sp., *Cuscuta* sp. ș.a. embrionul dintr-o sămînță, în stare de repaus, este reprezentat numai printr-un cvadrant.



©RedAthens 2013

## 4.5. Alternanța generațiilor și schimbul de faze nucleare

Meioza și fecundația constituie două puncte cardinale în ciclul vital al unui organism; ele împart viața individuală a fiecărui organism în două perioade: una începînd cu fecundația și sfîrșind cu meioza, este caracterizată prin celule cu *n* cromozomi, cealaltă începînd cu meioza și terminînd cu fecundația, comportă exclusiv celule în 2*n* cromozomi. Succesiunii acestor două faze i s-a dat numele de *alternanță de generații*, noțiune care a fost aplicată pentru prima dată la plante de către *Hofmeister* (1851).

Alternanța de generații și schimbul de fază nucleară sînt procese legate de înmulțirea plantelor. Ele au apărut în cursul evoluției organismelor vegetale datorită condițiilor de mediu și se reflectă în faptul că meioza sau diviziunea reducțională se află situată într-un anumit moment al ciclului vital.

În principiu (fig. 360) există trei modalități principale de alternare a generațiilor din care, cu unele variante, pot fi deduse toate celelalte situații întîlnite în regnul vegetal.

Cercetările legate de înmulțirea sexuată a plantelor au demonstrat că prin fecundație se naște o celulă nouă, numită *zigot*. Acesta conține un nucleu *diploid* cu un număr dublu (2*n*) de cromozomi. Celulele diploide pot să se dividă succesiv de nenumărate ori. După un timp oarecare, variabil de la un grup de vegetale la altul, se va produce meioza; celulele rezultate se numesc *tetraciți* (gr. *tetras*- patru; *kytis*-). Tetraciții posedă nuclee cu un număr simplu (*n*) de cromozomi; ele se mai numesc celule *haploide*.

Indivizii și generațiile care posedă în celulele lor nuclee haploide se numesc *haplobionți* sau *haplonți* sau *generații haplonte*. Indivizii și generațiile care au celule cu nuclee diploide se numesc *diplobionți* sau *diplonți* sau *generații diplonte*. Ori de cîte ori intervine în ciclul de evoluție al unui organism fecundația avem de a face cu un schimb sau o alternare de două faze: una haploidă și alta diploidă.

În fig. 360 sînt reprezentate schematic (după *R. Harder, F. Firbas, W. Schumacher* și *D. v. Denffer*, 1962) principalele modalități de alternare între haplofază și diplofază.

Faza cu 2 *n* cromozomi produce spori și de aceea este numită *sporofit*. Sporofitul începe cu fecundația și se termină cu meioza. Faza cu *n* cromozomi for-

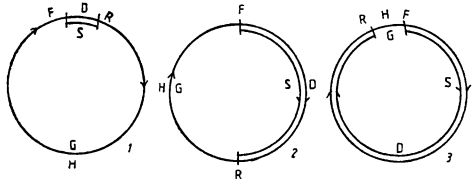



Fig. 360. Reprezentarea schematică a diferitelor alternanțe între haplofază (cercul simplu în sensul acelor ceasornicului) și diplofază (cercul dublu în sensul acelor ceasornicului):
*D* — diplofaza; *F* — fecundarea; *G* — gametofit; *H* — haplofaza; *R* — diviziune reducțională; *S* — sporofit; *1* — alternare de fază nucleară zigotică; *2* — alternare de fază nucleară intermediară; *3* — alternare de fază nucleară gametică (d. R. Herder, F. Firbas ș.a.).

mează gameți de unde și numele de *gametofit*. Gametofitul începe cu meioza și se încheie cu fecundația.

Diferitele tipuri de alternanță de generații se caracterizează prin succesiunea generațiilor haplonte și diplonte. Ele se numesc *antitetice*, contrar celor care comportă alternanțe în interiorul unei faze haplonte sau diplonte și care sînt de tip *homotetic*. Acest ultim tip nu există la plantele vasculare.

În cazul cel mai simplu, considerat primitiv, întîlnit la algele cele mai vechi și la unele ciuperci, meioza se produce după prima diviziune a nucleului zigotic. Rezultă în urma acestei diviziuni un haplobiont care va produce gameți. O astfel de alternare de generații se numește *alternare de faze zigotică a nucleului*.

La conjugate meioza are loc la germinarea zigotului și planta rezultată este în acest caz haploidă ca și gameții pe care îi va produce ulterior. Toate mitozele vegetative au loc plecînd de la nuclee haploide și ciclul de dezvoltare se desfășoară în întregime în haplofază, el este deci *monogenetic haplofazic*. Numai zigotul este aici diploid, aceste alge fiind *haplonte*.

La *Codium tomentosum*, o cloroficee marină, meioza se produce ca și la animale, în cursul formării gameților. La aceasta toată dezvoltarea individului provenit din zigot se efectuează în diplofază; acest tip de ciclu evolutiv este *monogenetic diplofazic*, iar plantele sînt *diplonte* (fig. 361). Stadiul haploid se realizează numai în cursul gametogenezei care poate să comporte, în unele cazuri în afara meiozei, cîteva mitoze suplimentare.

La feofitele mai puțin evoluate (*Ectocarpus siliculosus*) ciclul de dezvoltare comportă o alternanță de generații între gametofiți haploizi și sporofiți diploizi, identice morfologic. La această algă ciclul este *digenetic* izomorf și *diplohaplofazic*. De la acest ciclu biologic normal, se produc numeroase abateri: sporofiții diploizi pot produce, în afară de sporocişti uniloculari unde în urma meiozei se formează *meiospori*, organe pluriloculare asemănătoare morfologic cu gametocistii. Aceste organe sînt sporocişti care produc zoospori diploizi *mitospori* sau spori ecvaționali care reproduc din nou sporofiți, ei înșișipurtînd de asemenea sporocişti pluriloculari. Sporii ecvaționali asigură înmulțirea *asexuată* a algei. Gameții de sex diferit for-

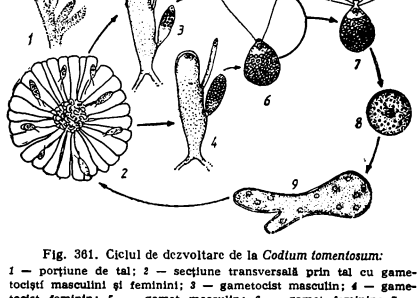



Fig. 361. Ciclul de dezvoltare de la *Codium tomentosum*:
*1* — porțiune de tal; *2* — secțiune transversală prin tal cu gametocişti masculini și feminini; *3* — gametocist masculin; *4* — gametocist feminin; *5* — gamet masculin; *6* — gamet feminin; *7* — copulația; *8* — zigot; *9* — începutul dezvoltării zigotului într-un filament cenocitic plurinucleat (d. H. Abbayes ș.a.).

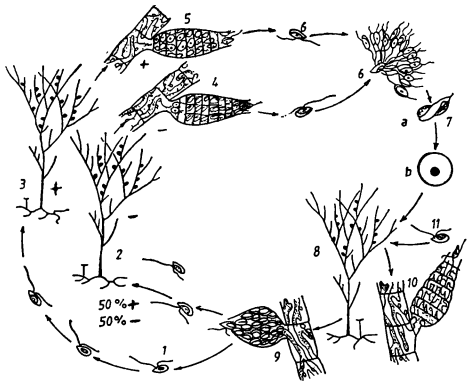



**Fig. 362.** Ciclul de dezvoltare la *Ectocarpus sticulosus:*
*1* — meiozoospori; *2* — gametofit (—); *3* — gametofit (+); *4* — gametocist (—) pluriocular; *5* — gametocist (+) pluriocular; *6* — un gamet (+) cu numeroşi gameţi (—); *7* — copulaţia (a) şi zigotul (b); *8* — sporofit; *9* — sporocist uniocular cu meiozoospori; *10* — sporocist pluriocular cu mitozoospori; *11* — mitozoospori (d. I. Pop, L. Lungu şi colab.).

mează prin copulaţie zigoţi diploizi care determină înmulţirea lor *sexuată*. Sporii reducţionali produc indivizi haploizi şi ciclul de dezvoltare este astfel închis (fig. 362).

Într-un caz mai evoluat, din zigot se dezvoltă o plantă diploidă — sporofitul. Pe acesta se formează prin meioză spori care dau naştere la o a doua generaţie haploidă — gametofitul. Pe gametofit se formează gameţii haploizi care prin fecundare dau naştere unui zigot diploid şi gametofitul haploid. Diploniţii şi haploniţii pot să aibă forme similare, adică să fie izomorfi sau pot să aibă forme diferite, să fie heteromorfi.

În *ciclurile digenetice* indivizii diploizi sînt *sporofiţi* puri neproducînd decît *spori*. Indivizii haploizi, producători de gameţi, sînt dimpotrivă *gametofiţi*. Dacă se face abstracţie de intervenţia sporilor direcţi, această alternanţă regulată antitetică a sporofiţilor diploizi cu gametofiţi haploizi, se desfăşoară după schema: Zigoţi ($2n$) → sporofiţi ($2n$) → meiospori ($n$) → gametofiţi ($n$) → gameţi ecvaţionali ($n$) → noi zigoţi ($2n$).

Fundamental ciclurile digenetice astfel caracterizate sînt, aşa cum s-a arătat mai sus, izomorfe sau heteromorfe. La unele alge, ca *Trentepohliaceae* şi unele specii de *Stigeoclonium* dintre algele verzi, sporofiţii au suferit o reducere care tinde la suprimarea lor. Sporociştii pedicelaţi şi gametociştii formaţi pe celule nediferenţiate ale filamentelor drepte emit fiecare printr-o perforaţie a peretelui lor 4 zoospori sau gameţi cu 4 sau 2 flageli. Are loc plasmogamia izogamă, apoi germinarea imediată a zigotului. Ciclul de dezvoltare în principiu este *lipic digenetic*, fiecare zigot producînd un sporofit relativ dezvoltat ca şi gametofiţii. Unele specii ca *Stigeoclonium subspinosum* sînt *digenetice cu sporofiţi reduşi*, aceştia fiind formaţi numai din cîteva



CDeCAdemia 2013

celule. Printr-o evoluție mai avansată unele specii au devenit *monogenetice haploide* cu sporofiții suprimați la care zigoții produc direct meiospori. Prin reducerea sporofiților ciclul digenetic este foarte remarcabil și totodată, excepțional. De obicei gametofitul este cel care, în ciclurile digenetice heteromorfe, este de talie redusă.

*Ciclul monogenetic haploid* (haplobionte haploide). Acestea sînt *digenetice* la care sporofiții diploizi au fost nu numai reduși și simplificați, ca la unele specii de *Stigeoclonium*, dar practic suprimați. În loc de a produce un sporofit, fiecare zigot se transformă direct într-un sporange (sporocist) cu spori meiotici. Lăsînd deoparte sporii direcți, ciclul lor se reduce deci la schema: Zigoți (2*n*) → meiospori (*n*) → gametofiți (*n*) → gameți (*n*) → noi zigoți (2*n*), în care *toți indivizii realmente dezvoltați sînt gametofiții haploizi*. Acest ciclu se întîlnește la multe alge verzi ca *Ulothrix* sp., la *Monostroma* sp. Meioza care însoțește germinarea zigoților se face la acestea imediat după gamia care precede formarea lor.

Sînt monogenetic haploide nu numai unele alge, dar și unele ciuperci.

*Ciclul monogenetic diploid* (haplobionte diploide) — primul tip. Sînt digenetice acele specii la care a avut loc reducerea și apoi suprimarea, nu a sporofiților diploizi ca în cazul precedent, ci dimpotrivă a gametofiților haploizi. Deja extrem de reduși la unele alge digenetice ca *Laminariales*, acești gametofiți ajung să nu mai existe deloc. În loc de a le da naștere, meiosporii se transformă direct în gametociști (gametangii) sau chiar devin ei înșiși gameți. Lăsînd deoparte sporii direcți, ciclul este următorul: Zigoți (2*n*) → sporofiți (2*n*) → meiospori (*n*) → gameți (*n*) → noi zigoți (2*n*) în care *toți indivizii sînt sporofiți diploizi*. Acest ciclu se poate întîlni și la unele alge verzi sifonale.

*Ciclul monogenetic diploid* (= haplobionte diploide) — al doilea tip. Contrar celor precedente, acestea nu sînt digenetice modificate. Ciclul lor se ataşează direct la ciclul fundamental primitiv, ca și la cel digenetic, dar de această dată pe indivizi diploizi, meiosporii au fost suprimați și nu meiogameții. În acest ciclu se transformă acești indivizi în *gametofiți diploizi*. Lăsînd sporii direcți deoparte, ciclul devine: Zigoți (2*n*) → gametofiți diploizi (2*n*) → meiogameți (*n*) → noi zigoți (2*n*) și *toți indivizii sînt aici gametofiți diploizi*. Este vorba de această dată de *veritabilii gametofiți diploizi* care produc direct gameți și nu spori gametogeni sau spori servind ca gameți. Dar practic este foarte dificil de a distinge acești gameți adevărați de spori funcționînd ca gameți, astfel că în general este aproape imposibil de a spune dacă o specie monogenetică diploidă este de primul sau de al 2-lea tip. Se poate totuși spune că se ataşează celui de al 2-lea tip monogenetic diploid unele alge brune (*Fucaceae*).

În cazul cel mai evoluat, toate generațiile de celule sînt diploide exceptînd gameții care sînt haploizi. Diviziunea meiotică are loc la formarea gameților haploizi. O astfel de alternare de faze se numește *alternare de faze gametică a nucleului*.

În natură cele trei modalități principale de alternare ale fazelor nucleare și a generațiilor pot fi întîlnite în diferite variante, dintre care unele au fost deja menționate.

La unele cloroficee (*Ulothrix* sp.), diviziunea meiotică se petrece imediat după cariogamie, la prima diviziune a zigotului. Sporofitul acestor plante îl reprezintă însuși zigotul. Gametofitul sau haplobiontul este reprezentat prin zoospori, dar mai ales prin talul algei pe care se vor forma gameți haploni (fig. 363).

La alte cloroficee, cum este de pildă *Cladophora* sp. zigotul dă naștere unui sporofit diplont a cărui înfățișare este similară (izomorfie) cu cea a gametofitului haplont. Diviziunea reducțională se petrece în momentul formării zoosporilor din care prin germinare se vor dezvolta gametofiți haplobionți (v. fig. 363).



GeoAdams 2013

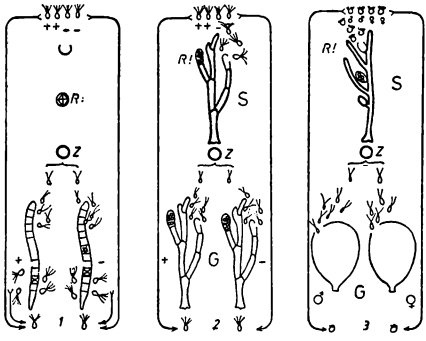



Fig. 363. Reprezentarea schematică a principalelor tipuri de alternări de faze nucleare şi generaţii la algele verzi:
*1 — Ulothrix* sp.; *2 — Cladophora* sp.; *3 — Halicystis* sp. şi *Derbesia* sp.; *D* — faza diploidă (linii ingroşate); *G* — gametofit; *H* — faza haploidă (linii subţiri); *R* — diviziune reducţională; *S* — sporofit; *Z* — zigot (d. E. Strasburger).

Similar cu ciclul evolutiv de la *Cladophora* sp. este şi cel de la *Ulva lactuca* la care din zigot se dezvoltă o plantă; deşi morfologic identică cu gametofitul pe care s-au format gameţii, ea nu produce decît zoospori. Această generaţie provenită din zigot este sporofitul; ea reprezintă diplofaza deoarece meioza are loc în momentul sporogenezei. Zoosporii haploizi formaţi pe el marchează începutul haplofazei; ei se vor dezvolta, fără copulare prealabilă, în indivizi haploizi care sînt gametofiţii haploţi producători de gameţi. Acest ciclu de dezvoltare comportă şi o alternanţă de faze şi de aceea el este *diplohaplofazic* (fig. 364).

La *Ulva lactuca* la fel ca şi la *Cladophora* sp. cele două generaţii succesive, gametofitul şi sporofitul, sînt morfologic identice şi nu se deosebesc decît prin natura sexuată sau asexuată a celulelor reproducătoare pe care le generează. De aceea alternanţa de generaţii în acest caz este *izomorfă*.

Reiese astfel că în ciclul de dezvoltare de la *Ulva* sp. se succed în mod regulat două generaţii diferite, deci *digenetic* prezentînd o alternanţă de generaţii *izomorfe* şi *heterotalice*.

La *Halycistis* şi *Derbesia* dintre *Sifonales* (Cloroficee) gametofitul este redus la o singură celulă veziculată, iar sporofitul la o singură celulă filamentoasă (tal sifonal). În acest caz forma sporofitului (diplontului) diferă de cea a gametofitului (haplontului) (v. fig. 363). La algele brune (*Cutleria* sp., *Dictyota* sp., *Laminaria* sp.,) haplofaza poate să formeze un corp vegetal diferit de al diplofazei (*Cutleria* sp., fig. 365), sau un corp vegetal similar cu cel al diplofazei (*Dictyota* sp.). La *Laminaria* sp. reducerea uneia dintre generaţii atinge un grad foarte mare şi anume gametofitul este microscopic, format din cîteva filamente haploide nediferenţiate, în timp ce sporofitul este de talie foarte mare şi trăieşte mai mulţi ani. Un astfel de ciclu *digenetic heteromorf* în care haplofaza este foarte redusă se reîntîlneşte la plantele superioare.



CPedAdmin 2013

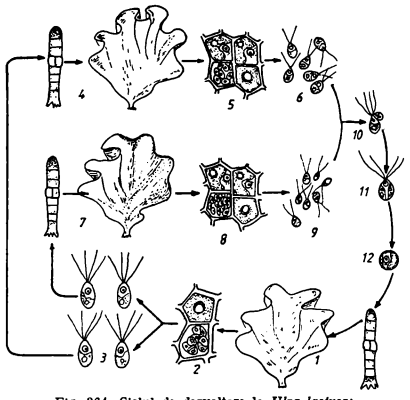



Fig. 364. Ciclul de dezvoltare la *Ulva lactuca:*
*1* — sporofit; *2* — sporocist; *3* — zoospori; *4* — gametofit feminin; *5* — gametocist feminin ♀; *6* — gameți feminini; *7* — gametofit masculin ♂; *8* — gametocist masculin ♂; *9* — gameți masculini ♂; *10, 11* — contopirea gameților; *12* — zigot (d. H. Abbayes și colab.).

Alternanța de generații a algelor roșii reprezintă un caz aparte în lumea vegetală. În forma sa perfectă ciclul algelor roșii — Floridee — este *trigenetic haplodiplofazic* cu alternanța gametofiților (*n*) cu două tipuri succesive de sporofiți (2*n*), după schema următoare:
Zigoți (2*n*) → carposporofiți (2*n*) → carpospori (2*n*) → tetrasporofiți (2*n*) → tetraspori (= meiospori, *n*) → gametofiți (*n*) → gameți (*n*) → noi zigoți (2*n*).

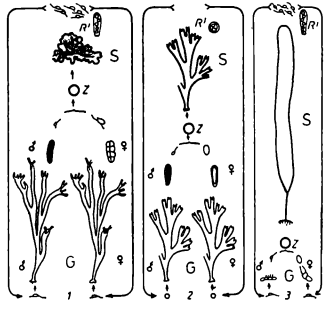



Fig. 365. Reprezentarea schematică a alternării de faze nucleare și generații la algele brune:
*D* — faza diploidă (linii îngroșate); *G* — gametofit; *H* — faza haploidă (linii subțiri); *R* — reducție meiotică; *S* — sporofit; *Z* — zigot; *1* — *Cutleria* sp.; *2* — *Dictyota* sp.; *3* — *Laminaria* sp. (d. E. Strasburger).



©BacAbanic 2013

Astfel la *Ceramium* sp., *Polysiphonia* sp. ş.a. pe talul gametofitului se formează terminal spermatocişti şi carpogoane prevăzute cu trihogin. Spermatia ajunge pasiv pe trihogin şi apoi pătrunde în carpogon fecundînd oosfera. Reproducerea este deci o oogamie deosebită numită *trihogamie*. Zigotul diploid dă naştere unui carposporofit diploid, microscopic, fixat pe gametofit. Carposporofitul este format din filamente (*gonimoblaste*) în care se diferenţiază mitotic carposporii de asemenea diploizi. Aceştia ajunşi pe substrat generează un tal diploid independent care este tetrasporofitul cu aspect asemănător (izomorfie) talului gametofitic. Pe tetrasporofit se formează, în urma unei diviziuni meiotice, tetrasporii (meiosporii) haploizi. Aceştia germinează dînd naştere unui nou gametofit haploid, încît aici se succed, trei generaţii: 1. *gametofitul haploid*; 2. *carposporofitul diploid* (fixat pe gametofit) şi 3. *tetrasporofitul* de asemenea *diploid*. Dezvoltarea celor trei generaţii are loc pe două corpuri vegetative (*diplobiontice*). Cele mai multe alge roşii (afară de *Nemalionales*) aparţin acestui tip de dezvoltare.

Asemănător cu *Ceramium* sp. se desfăşoară ciclul evolutiv la o algă roşie mai evoluată *Antithamnion plumula* care comportă de asemenea trei generaţii succesive. Zigotul fixat pe gametofitul feminin dă naştere la o nouă generaţie: carposporofitul diploid care morfologic este foarte diferit de generaţia precedentă (gametofit) avînd aparatul vegetativ redus la o masă celulară care se comportă ca un parazit. El se transformă aproape în întregime în carpospori diploizi. Aceştia dau naştere unei alte generaţii de indivizi diploizi — tetrasporofitul — care morfologic sînt asemănători în general cu gametofiţii, dar vor produce tetrasporocişti (tetrasporangi) cu tetraspori. Deoarece la formarea acestora are loc meioza, tetrasporii sînt haploizi; ei genercază gametofiţi (fig. 366).

La unele rodoficee ca *Batrachospermum* sp. ciclul de dezvoltare prezintă unele modificări faţă de tipul descris anterior. Din carpogonul fecundat rezultă direct carposporofiţii diploizi, muriformi formaţi din filamente scurte (gonimoblaste). În

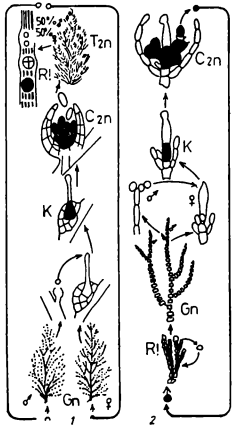



Fig. 366. Cicluri de dezvoltare la *Rhodophyta*: *1* — *Polysiphonia* sp. — trigenetic tipic; *2* — *Batrachospermum* sp. — trigenetic fără tetrasporofit tipic, plantă monobiontă: $C_{2n}$ — carposporofit diploid; $G_n$ — gametofit haploid; *K* — cariogamie; *R* — diviziune reducţională; $T_{2n}$ tetrasporofit diploid (d. I. Pop, L. Lungu şi colab.).



BCU Cluj / Central University Library Cluj

celulele terminale ale acestora se formează carposporii (mitospori) diploizi. Aceştia generează un tal heterotrib diploid care reprezintă *stadiul protonematic*. Nucleele unor celule din acest tal se divid meiotic, fără să formeze meiospori. Aceste celule haploide se divid apoi mitotic formînd talul gametofitic cu gametocişti masculini şi feminini. Deci ciclul de dezvoltare de la *Batrachospermum* sp. este *trigenetic heteromorf* şi *heterofazic*, însă fără tetrasporofit; echivalentul acestuia fiind stadiul protonematic. Cele trei generaţii se dezvoltă însă pe acelaşi tal, speciile de *Batrachospermum* fiind astfel *monobionte* (v. fig. 366).

Un ciclu asemănător se regăseşte, în principiu, la ascomicete, ai căror ascospori echivalează cu tetrasporii florideelor. Florideele şi ascomicetele pot servi la ilustrarea ideii, că alături de ciclurile clasice direct derivate din ciclul fundamental, există şi cicluri speciale, particulare.

Un exemplu tipic de schimb de generaţii îl întîlnim la *Bryophyta*. Ciclul de dezvoltare al unei briofite începe cu un meiospor. Din spor se dezvoltă un complex de celule numit *protonemă* (un talofit haplont). Pe protonemă se formează muguri care prin creştere generează „planta cu frunzişoare". Aceasta formează anteridii şi arhegoane în care se produc gameţi. După fecundaţie din zigot se formează un sporogon. Meioza se petrece la formarea sporilor.

La briofite există deci o alternare de generaţii şi faze nucleare care cuprind o fază gametofitică (sporul, protonema, muşchiul propriu-zis şi gameţii) haploidă şi o fază sporofitică (zigotul, sporogonul) diploidă (fig. 367).

La *Pteridophyta*, din sporul haploid se dezvoltă un complex de celule numit *protal*. Sub raport structural protalul ferigilor este mult mai simplu decît gameto-

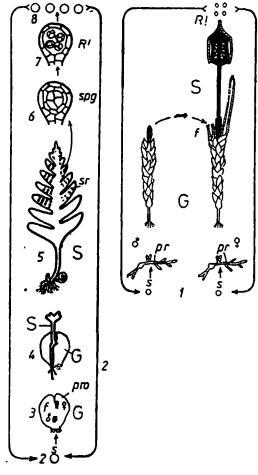



Fig. 367. Schema ciclului de dezvoltare: *1* — la *Bryophyta* (un muşchi dioic); *2—8* — la *Pteridophyta*: *2* — spor; *3* — protal cu gametangi: *f* — fecundaţia; *pr* — protonemă; *s* — spor; *G* — gametofit; *R* — diviziune reducţională; *S* — sporofit; *pro* — protal; *sr* — spori; *spg* — sporange (d. E. Strasburger).

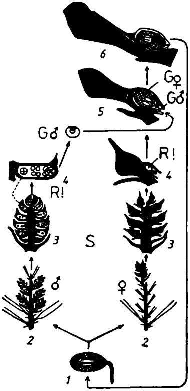



Fig. 368. Ciclul de dezvoltare la gimnosperme (>*inus* sp.):

*G* — gametofit; *R* — diviziune reducţională; *S* — sporofit: *1* — sămînţă cu embrion; *2* — ramuri florifere masculine şi feminine; *3* — floare masculină şi inflorescenţă feminină; *4* — solz staminal cu sac polinic (stînga), solz carpelar cu ovul şi bractee (dreapta); *5* — polenizare şi fecundaţie; *6* — solz seminal cu sămînţă aripată (d. E. Strasburger).

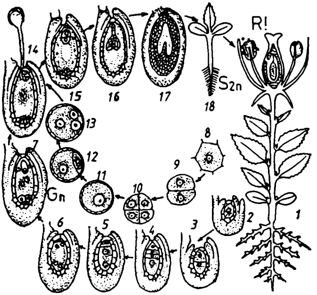



Fig. 369. Ciclul de dezvoltare la angiosperme:

*1* — schema unei plante cu flori; *2—7* — formarea ovulului şi a sacului embrionar; *8—13* — formarea granulei de polen; *14—18* — fecundaţia şi embriogeneza; *Gn* — gametofit; *R* — diviziune reducţională; $Sp_{2n}$ — sporofit (d. I. Cristurean).

fitul briofitelor. Pe protal se formează gameţii în anteridii şi în arhegoane, adică anterozoizii şi oosfera; prin fecundaţie rezultă zigotul din care se va forma embrionul şi apoi feriga propriu-zisă.

Din punct de vedere morfologic şi anatomic sporofitul ferigilor prezintă un uriaş progres faţă de briofite. La acestea sporofitul un corm diferenţiat în rădăcină, tulpină şi frunze, iar din punct de vedere fiziologic reprezintă un veritabil *bion* sau *biont* (organism viu, independent).

Pe frunzele pteridofitelor se formează sporangii; în momentul formării sporilor sau a tetraciţilor are loc meioza. În consecinţă la pteridofite, sporul, protalul şi gameţii reprezintă generaţia gametofitică, iar zigotul, embrionul, cormul şi sporangii reprezintă sporofitul (v. fig. 367).

La fanerogame faza haploidă (gametofitică) este redusă la cei doi gameţi.

Meioza se produce la formarea granulelor de polen şi a sacului embrionar. La gimnosperme granula de polen generează cîteva celule protaliene şi acestea dau celula gametogenă (generativă) din care rezultă cele două nuclee spermatice haploide. În ovul dintr-o celulă nucleară se diferenţiază endospermul primar în care se formează arhegonul şi în final în acesta ia naştere oosfera care va fi fecundată de un nucleu spermatic. Din zigotul rezultat se formează embrionul cuprins în sămînţă şi apoi întregul corp al plantei ce reprezintă în esenţă un sporofit în florile căruia se for-

mează staminele și carpelele. Meioza are loc la formarea granulei de polen și a endospermului primar (fig. 368).

În consecință la spermatofite diplofaza sau sporofitul este foarte dezvoltat și reprezintă planta însăși. Dacă ne referim la un arbore, de exemplu, trunchiul împreună cu toate ramurile și rădăcinile reprezintă sporofitul (diplobiontul), pe cînd gametofitul (haplobiontul) este reprezentat numai prin cîteva celule (fig. 369).

Prin schimb de fază nucleară (cariofază) și alternare de generații, trebuie să înțelegem două procese biologice distincte, dar strîns legate între ele.

Generația diploidă ($2n$) conform actualelor cunoștințe de genetică, prezintă avantaje certe sub raport ecologic față de generația haploidă ($n$). În primul rînd o rezistență crescută față de mediul natural și artificial.

CAPITOLUL V

# 5. FRUCTUL

După fecundarea oosferei și a nucleului secundar al sacului embrionar de către cele două spermatii, gineceul intră într-o nouă fază de transformări care considerate în ansamblul lor constituie *carpogeneza* sau *fructificația*.

Fenomenele care însoțesc carpogeneza (gr. *karpos* = fruct; *genesis*-) sau fructificația pot fi împărțite în două grupe și anume:

1. transformarea peretelui carpelar în pericarp (gr. *peri*-; *karpos*-) sau formarea fructului propriu-zis, caracteristic numai angiospermelor și;
2. transformarea ovulului în *sămînță*, adică *seminogeneza* (gr. *semina* = sămînță; *genesis*-) care presupune în primul rînd, transformarea zigotului în embrion, adică *embriogeneza* (gr. *embryon*-; *genesis*-). Fructul angiospermelor nu este decît rezultatul final al acestor transformări, o consecință a fructificației.

Studiul fructificației comportă două părți: fructul propriu-zis sau pericarpul și sămînța.

## 5.1. Definiția fructului

Putem defini fructul ca fiind un complex de țesuturi care se formează din gineceu, după fecundație, cu participarea mai mult sau mai puțin pronunțată a celorlalte elemente florale. În general fructul provine din dezvoltarea peretelui ovarului. De multe ori însă, la formarea fructului contribuie și receptaculul floral mai ales atunci cînd ovarul este aderent cu celelalte părți ale florii. Fructele provenite dintr-un ovar aderent cu baza învelișurilor florale este de obicei însoțit de resturile acestora. La o pară de exemplu, dinții maronii ce însoțesc fructul nu sînt decît sepalele sclerificate și uscate. Același lucru îl observăm și la fructele (achene) de păpădie, la care umbreluța nu este decît caliciul mult crescut și transformat într-un dispozitiv (papus) care ajută la diseminarea anemohoră. Este necesar să subliniem că nu există un termen pentru a denumi ansamblul alcătuit din pericarp și celelalte părți florale care participă la formarea fructului.

Transformarea gineceului, respectiv a ovarului, în fruct atrage după sine modificări histologice importante. Cele mai importante modificări suferă peretele ovarului care devine pericarp. De obicei stilul se usucă și cade lăsînd pe fruct o mică cicatrice, ca la prune, cireșe etc.

Uneori însă stilul și stigmatul gineceului continuă să se dezvolte paralel cu fructul ca la *Pulsatilla* sp. sau la *Clematis vitalba*. În general fructul ia forma ovarului din care provine; de multe ori chiar numărul lojilor și dispoziția semințelor în fruct rămîne aceeași ca a ovulelor din ovar. În multe cazuri însă în timpul dezvoltării fructului se produc transformări care constau mai ales în reducerea numărului lojilor sau al semințelor. Așa este de exemplu cazul de la stejar (*Quercus* sp.)



CC-BY-NC-ND Biblioteca Digitală 2013

la care gineceul are 3 loji cu cîte două ovule în fiecare lojă, ori fructul (ghinda) nu mai conține decît o singură lojă, cu o singură sămînță (numai excepțional cu două semințe). Tot astfel la fructul palmierului *Cocos nucifera*, gineceul tînăr este tricarpelar și trilocular; în fiecare din cele 3 loji se află cîte două ovule. La maturitate fructul nu mai conține decît o singură sămînță. De fapt, rar se întîmplă ca ovulele dintr-o lojă sau dintr-un ovar să fie toate fecundate. Modificările ce se produc în timpul dezvoltării fructului mai pot proveni atît din resorbția pereților dintre loje (*Caryophyllaceae*) cît și din formarea de pereți suplimentari (*Boraginaceae, Labiatae* ș.a.) în interiorul ovarului în transformare. Așa este de exemplu cazul la garoafă ș.a. la care gineceul tînăr pentacarpelar conține 5 loji, pe cînd fructul (capsula) nu prezintă decît o singură lojă, rezultată în urma resorbției celor 5 pereți despărțitori; semințele rămîn prinse pe coloana centrală a fructului. Interesant este și cazul boraginaceelor și labiatelor la care paralel cu dezvoltarea fructului provenit dintr-un gineceu bicarpelar, cu cîte două ovule în fiecare lojă, se formează pereți falși suplimentari, care împart fiecare lojă în cîte două jumătăți, așa încît din bicarpelar și bilocular, ovarul devine tetracarpelar și tetralocular, în fiecare lojă rămîne cîte un singur ovul, din cele două inițiale.

## 5.2. Condițiile fructificării

Condiția esențială a formării fructului este firește ca floarea respectiv ovulul să fie în prealabil fecundat; florile nefecundate, de obicei se usucă și cad.

În general, dezvoltarea fructului (legatul) pornește numai în urma excitației produse de tubul polinic care înaintează străbătînd țesutul conducător al stilului; la acestea mai contribuie și excitația produsă de fuziunea spermatiilor cu oosfera și nucleul secundar al sacului embrionar.

În afară de acestea condițiile ecologice, în special temperatura și umiditatea sînt de mare importanță în fructificație. O temperatură scăzută, în jurul lui 0° și un timp ploios, pe vremea înfloririi și polenizării sînt factori neprielnici și chiar distructivi ai fructificării.

Trebuie totodată să subliniem că sînt plante care fructifică în lipsa fecundației respectiv a cariogamiei. Așa este cazul unor varietăți de portocale și cazul binecunoscut al viței de vie producătoare de stafide, care sînt lipsite de semințe. Se crede că în aceste cazuri partenocarpia este datorată repetatelor înmulțiri, pe cale vegetativă, a plantelor.

Apreciind timpul de la germinarea semințelor, unii pomi fructiferi, fructifică relativ devreme. Din această categorie fac parte cireșul, care fructifică după 5—6 ani, mărul, părul și prunul fructifică numai după mai mulți ani. Stejarul nu fructifică decît după 50—60 de ani de la germinarea semințelor; molidul și bradul formează semințe după 50—60 de ani de la germinarea acestora. Unele specii fructifică în fiecare an: gutuiul, salcîmul, ulmul, salcia, pe cînd altele la intervale de 5—6—10 sau mai mulți ani; în această ultimă categorie intră stejarul, fagul, carpenul ș.a.

## 5.3. Morfologia externă a fructului

### 5.3.1. Fructe simple și fructe multiple

Un fruct se numește *simplu* atunci cînd provine dintr-un gineceu monocarpelar ca la salcîm, fasole, mazăre ș.a. sau provine dintr-un gineceu policarpelar, dar cu carpelele concrescute ca la bumbac, in, crin, ș.a.



CărțiVechi.ro 2013

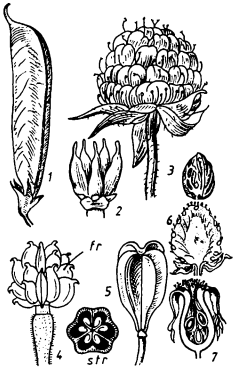



Fig. 370. Tipuri de fructe:
*1* — fruct simplu (*Pisum sativum*); *2—5* — fructe multiple: *2* — *Sedum* sp.; *3* — *Rubus idaeus*; *4* — fruct apocarpic (*Ranunculus* sp.) *5* — fruct sincarpic (*Lilium martagon*); *6* — *Fragaria* sp.; *7* — *Rosa canina*; *fr* — fructuleț; *str* — secțiune transversală prin fruct (d. I. Grințescu).

Un fruct se numește *multiplu* atunci cînd provine din dezvoltarea unui gineceu policarpelar dar cu carpelele libere. În acest caz fructul este alcătuit dintr-un număr de fructulețe corespunzător cu numărul carpelelor din care a fost alcătuit gineceul, ca la *Sedum* sp. sau la *Rubus idaeus* (fig. 370). Fructe multiple tipice sînt citate la *Fragaria* sp. și la *Ranunculus* sp. În acest caz fructulețele sînt așezate pe receptaculul floral devenit cărnos. La *Rosa* sp. ș.a. fructulețele sînt așezate într-o cupă cărnoasă, provenită din concreșterea receptaculului cu celelalte părți ale florii (v. fig. 370).

Important de reținut este faptul că toate aceste fructe, indiferent dacă sînt simple sau multiple, ele provin dintr-o singură floare din care motiv poartă numele de *monantocarpe*.

**Tipuri de fructe**. Considerate din punct de vedere al originii fructele sînt extrem de variate. Unele provin dintr-un gineceu monocarpelar, altele dintr-un gineceu policarpelar, de unde și numele de fructe *monocarpice* și fructe *policarpice* pe care le mai au. Fructele policarpice la rîndul lor pot fi *apocarpice* atunci cînd provin din ginecee alcătuite din carpele libere, neconcrescute (gineceu apocarp) ca la *Ranunculus* sp. sau *cenocarpice* (sincarpice) atunci cînd provin din ginecee alcătuite din carpele concrescute (gineceu sincarp sau paracarp) ca la *Iris* sp., *Viola* sp. ș.a.

## 5.3.2. Fructe cărnoase sau zemoase și fructe uscate

După consistență, pericarpul poate fi *cărnos*, parenchimatic sau *uscat*, sclerenchimatic, particularitate care se află la baza unei clasificări mai vechi a tipurilor de fructe. Așa de exemplu la unele fructe, peretele ovarului se îngroașă prin formarea de țesuturi moi, așa încît la maturitate fructul se prezintă ca o masă cărnoasă alcătuită din celule mari cu vacuole pline cu diferite sucuri hrănitoare. Asemenea fructe se numesc *moi*, *zemoase* sau *cărnoase*. Este cazul fructelor de agriș, viță de vie ș.a. În alte cazuri, pereții ovarului ajunși la maturitate sînt formați din țesuturi sclerificate. Celulele acestor țesuturi sînt moarte, au pereții îngroșați și nu conțin sucuri vacuolare. Acestor fructe li s-a dat numele de fructe *tari* sau *uscate*. Un

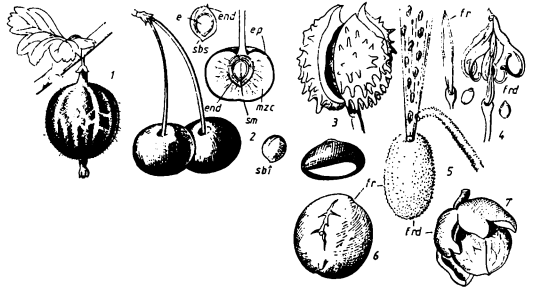



Fig. 371. Fructe cărnoase:
*1, 2* — indehiscente: *1* — *Ribes grossularia; 2* — *Prunus avium;* *3—7* — dehiscente; *3* — *Aesculus hippocastanum;* *4* — *Impatiens nolitangere;* *5* — *Ecbalium elaterium;* *6, 7* — *Juglans regia* (după dehiscentă): *e* — embrion; *end* — endocarp; *ep* — epicarp; *fr* — fruct închis; *frd* — fruct deschis; *mze* — mezocarp; *sbî* — sîmbure întreg; *sbs* — sîmbure secționat; *sm* — sămînță (d. I. Grințescu).

exemplu de astfel de fructe îl avem la mazăre, fasole etc. (fig. 371). În toate aceste cazuri, dacă pericarpul închide numai o singură sămînță, fructul ajuns la maturitate rămîne închis, adică este *indehiscent* (lat. *in* = nu; *dehiscere* = a deschide). Dacă pericarpul închide mai multe semințe atunci fructul prezintă în general o structură specială care îi permite să se deschidă. Asemenea fructe se numesc *dehiscente* (lat. *dehiscere-*). Este cazul păstăii multiseminale de la leguminoase, a capsulei de la *Papaver* sp., *Iris* sp., *Tulipa* sp., *Anthirrhinum* sp. ș.a. Subliniem totuși că există fructe, atît uscate cît și cărnoase, care conțin mai multe semințe dar care sînt indehiscente la maturitate; asupra acestora vom reveni.

## 5.3.3. Anatomia pericarpului

Ca și morfologia externă, structura internă a pericarpului variază de la un tip de fruct la altul. Pericarpul se poate diferenția în trei părți mai mult sau mai puțin distincte, de grosime și consistență variabile: *exocarp* (epicarp), *mezocarp* și *endocarp*.

Pericarpul închide loja (lojile) ovariană în care se găsesc una sau mai multe semințe. La capsula (pixidă) de la *Anagallis arvensis* (v. fig. 376) pericarpul este redus la un singur strat de celule sclerificate, pe cînd la capsula de la *Plantago* sp., numai mezocarpul este sclerificat. La capsula de la *Dianthus* sp., *Vaccaria pyramidata* ș.a., mezocarpul este pluristratificat, parenchimatic, alcătuit din celule cu pereții subțiri, în schimb epicarpul este transformat într-un țesut de apărare, în întregime sclerificat. La *Linum usitatissimum*, exocarpul este alcătuit din celule sclerificate (lignificate) iar mezocarpul și endocarpul din celule parenchimatice. La *Nicotiana tabacum*, endocarpul (bi-tristratificat) este alcătuit din celule cu pereții groși, *exo-* și *mezocarpul* sînt alcătuite din parenchim lacunos.

La *nuci* și *achene*, este de remarcat că pericarpul este în general format din mai multe straturi de celule cu pereții sclerificați. O structură mai complicată o

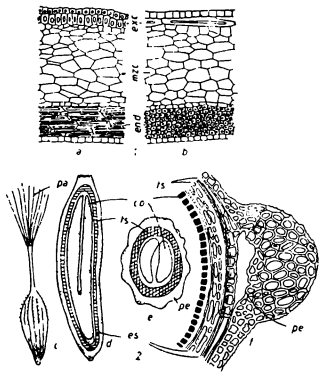



**Fig. 372.** Structura fructului:
*1 — Glycine* sp.: *a* — secțiune transversală; *b* — secțiune longitudinală; *2 — Lactuca sativa:* c — aspectul fructului; *d* — secțiune longitudinală; *e* — secțiune transversală; *f* — fragment cu structură celulară: *co* — cotiledoane; *end* — endocarp; *es* — endosperm; *exc* — exocarp; *mzc* — mezocarp; *pa* — papus; *pe* — pericarp; *ts* — tegument seminal (d. K. Esau).

întîlnim la *păstăi*. La aceste fructe exocarpul este de regulă sclerificat. Acesta provine din epidermă și subepidermă (*Phaseolus* sp., *Lupinus* sp., *Glycine* sp. ș.a.); endocarpul este alcătuit din celule mici cu pereții subțiri (fig. 372).

În ceea ce privește mezocarpul, acesta este format din 3 țesuturi dintre care cel subexocarpic este format din fibre de sclerenchim. Tot din fibre de sclerenchim este alcătuit și stratul intern la contactul cu endocarpul. Este de remarcat că aici fibrele de sclerenchim sînt orientate în sens perpendicular. Între cele două straturi de sclerenchim se află un strat format din celule mari avînd pereții relativ subțiri. În momentul deschiderii păstăii, cele două straturi sclerenchimatice au de jucat un însemnat rol **mecanic**. *Silicva* are pericarpul mult mai simplu. *Exo-* și *mezocarpul* sînt alcătuite din celule cu pereții subțiri, iar endocarpul din celule sclerenchimatice.

*Folicula* tînără are pericarpul alcătuit dintr-un exocarp constituit din celule cu pereții îngroșați, din mezocarp și endocarp, ambele de natură parenchimatică (*Helleborus* sp. ș.a.).

Amintim în sfîrșit că la unele fructe uscate epicarpul și stratul subepicarpic al pericarpului dau naștere la excrescențe cum sînt, de exemplu, aripile la samară, perii sau cîrligele la unele fructe uscate.

## 5.3.4. Mecanismul deschiderii la unele fructe uscate

Se apreciază că tipul de dehiscență este determinat de structura morfologică externă și de cea anatomică internă a carpelei. În general dehiscența fructelor uscate se datorește repartiției neuniforme a țesuturilor (parenchimuri și sclerenchimuri) din alcătuirea pericarpului. La maturitate, această structură specială a pericarpului, cu concursul condițiilor favorabile ale mediului înconjurător, permite realizarea unei stări capabile să declanșeze deschiderea fructului.

Printre factorii mediului extern care influențează efectiv deschiderea fructelor menționăm uscăciunea.

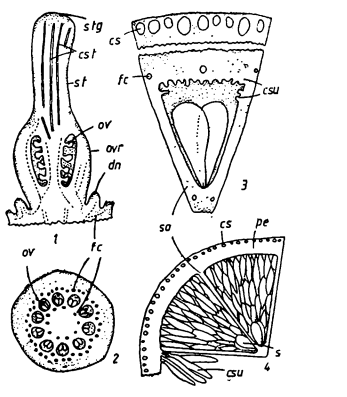



Fig. 373. Fructul de la *Citrus* sp.:
*1* — secțiune longitudinală prin ovarul tînăr; *2* — același în secțiune transversală; *3* — sector din secțiunea transversală prin fructul tînăr; *4* — schema structurii fructului: *cs* — cavitate secretoare; *cst* — canalul stilului; *csu* — celule cu suc; *dn* — disc nectarifer; *fc* — fasciculele conducătoare; *ovr* — ovar; *ov* — ovule; *pc* — pericarp; *s* — sămînță; *so* — sept ovarian; *st* — stil; *stg* — stigmat (d. K. Esau).

Pentru a dovedi rolul aerului uscat asupra dehiscenței capsulelor de *Primula officinalis* de exemplu, luăm două capsule, pe punctul de a se deschide; pe una o introducem sub un clopot de sticlă, împreună cu un vas cu $CaCl_2$, care absoarbe umiditatea. Pe a doua capsulă o introducem sub un clopot căptușit cu hîrtie sugativă, îmbibată cu apă. După un scurt interval de timp vom observa că cea dintîi care se deschide este capsula de sub clopotul cu aer uscat. Dacă scoatem capsula deschisă și o introducem sub clopotul cu aer umed, vedem că se închide ceea ce dovedește efectul umidității.

Să nu uităm însă că dehiscența fructelor uscate depinde într-o largă măsură de structura pericarpului.

O linie de dehiscență poate fi preformată, în care caz originea ei poate fi urmărită înapoi pînă la stadiile cele mai tinere ale fructului; de obicei este o linie structurală sub forma unui *strat de separație* special care se aseamănă cu țesutul separator alcătuit din celule mici, rotunde, cu pereții subțiri și cu spații intercelulare.

Am văzut mai sus că pericarpul păstăilor este alcătuit uneori din straturi de sclerenchim care alternează cu straturi de parenchim alcătuite din celule mari, cu pereții relativ subțiri. Subliniem de asemenea că la fructele uscate dehiscente cum sînt păstăile (capsule) straturile de sclerenchim sînt întrerupte de-a lungul liniilor de dehiscență (zone de slabă rezistență). Dehiscența capsulelor este rezultatul gonflării anizotrope a pereților celulari. La păstăi, în special zona mijlocie a mezocarpului, formată din celule mari, precum și straturile de sclerenchim intern, pierzînd mai multă apă decît zona de sclerenchim extern, creează tensiuni care determină ruperea pericarpului (fig. 373).

Analizînd mai profund dehiscența păstăilor s-a constatat că aceasta este ușurată de dispoziția diferită a microfibrilelor și cristalelor de celuloză din endocarp. Pereții celulelor stratului superior al endocarpului sînt alcătuiți din microfibrile helicoidale slab înclinate, iar cei ai celulelor stratului inferior au microfibrilele helicoidale cu înclinație mare. Ca urmare a acestei dispoziții, are loc o contracție în planuri diferite și dehiscența atît pe linia de sutură a carpelelor cît și pe cea a nervurii mediane.

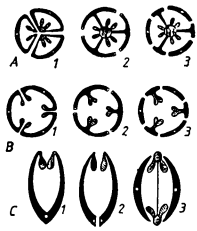



Fig. 374. Tipuri de dehiscență:
*A* — capsule cu placentația axilară; *B* — capsule cu placentație parietală; *C*: *1* — dehiscența la foliculă, *2* — la păstaie; *3* — la silicvă: *1* — septicidă; *2* — loculicidă; *3* — septifragă (d. I. Grințescu).

**Tipuri de dehiscență**

1. *Dehiscența ventricidă* (marginicidă). Linia de dehiscență se formează de-a lungul marginilor carpelare atît la gineceele monocarpice cît și la cele cenocarpice (*Illicium floridanum*, *Aquilegia* sp., *Cynoglossum* sp., ș.a.).

2. *Dehiscența valvicidă*. Carpelele se separă una de cealaltă pe laturile lor de concreștere. Se întîlnește la fructele provenite din ginecee cenocarpice.

3. *Dehiscența loculicidă*. Linia de dehiscență se formează de obicei în planul median dorsal al carpelei, fie lateral față de nervura mediană sau exact la mijlocul carpelei, astfel că fasciculul vascular median, dorsal, este desfăcut în două jumătăți. Se întîlnește atît la fructele cenocarpice cît și la cele monocarpice (fig. 374).

## 5.3.5. Mecanismul deschiderii la unele fructe cărnoase

Dehiscența fructului de *Impatiens noli-tangere* și a celui de *Ecballium elaterium* se datorește turgescenței care la maturitatea acestor fructe atinge o valoare maximă. Turgescența este însă un fenomen strîns legat de temperatură. Experiența dovedește că un fruct matur de slăbănog ținut în mînă plesnește după cîteva secunde. Liniile de ruptură la aceste fructe sînt liniile de sutură ale celor 5 carpele ale gineceului. Dehiscența acestor fructe se datorește tracțiunilor ce se produc în pericarp, determinate de turgescență. Un fenomen analog se observă la fructele de *Ecballium elaterium* (fig. 375) cu deosebirea că aici zona de slabă rezistență se găsește în punctul de fixare al fructului pe peduncul. Fructul matur al plesnitoarei este plin cu un lichid viscos a cărui turgescență atinge, ca și în cazul precedent o valoare maximă. La un moment dat din cauza presiunii interne fructul se desprinde; în același moment pereții elastici ai fructului se contractă brusc, făcînd ca conținutul lichid, împreună cu semințele și fragmente de țesut placentar, să țîșnească afară.

*Anexele fructului*. La unele fructe anumite părți florale continuă să se dezvolte sau să persiste după transformarea gineceului în fruct. Este cazul binecunoscut de la fragă la care receptaculul floral devine cărnos; este cazul caliciului acrescent de la *Physalis alkekengi* care se transformă într-un înveliș veziculiform persistent în interiorul căruia se află fructul. La păpădie caliciul se transformă, la maturitatea fructului, în *papus* cu rol în diseminare. La *Anacardium occidentale* receptaculul floral se transformă într-un tuberul pe care se află prins fructul reniform. La stejar, fag, alun, ș.a. cupa în care se află fructele (achenele) rezultă în urma concreșterii bracteilor superioare (hipsofile).



CPedAbane 2013

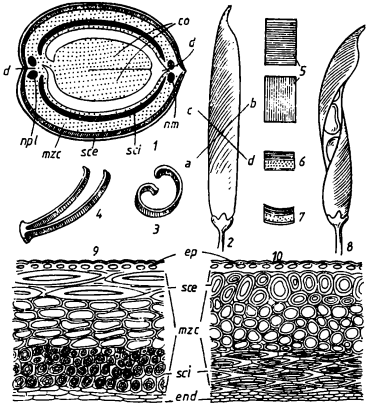



Fig. 375. Mecanismul dehiscenței unei păstăi de *Phaseolus vulgaris:* *1* — secțiune transversală la nivelul inserției unei semințe; *2* — păstaia întreagă: *a—b* — direcția fibrelor sclerenchimului subepidermic extern; *c—d* — direcția fibrelor sclerenchimului subepidermic intern; *3* — fragment de valvă paralel cu *a—b*; *4* — același, despicat în două pentru a separa cele două sclerenchimuri; *5—7* — orientarea fibrelor celor două sclerenchimuri; *8* — valvă răsucită din cauza tensiunilor produse la deschiderea păstăii; *9* — secțiune făcută paralel cu *ab*; *10* — secțiune făcută paralel cu *cd*: co — cotiledoane; *d, d* — liniile de dehiscență ale păstăii; *end* — endocarp; *ep* — epicarp; — *mzc* — mezocarp; *nm* — nervură mediană a carpelei; *npl* — nervuri placentare; *sce* — sclerenchim subepidermic extern; *sci* — sclerenchim subepidermic intern (d. I. Grințescu).

## 5.3.6. Maturația fructelor cărnoase

Înainte de coacere, bacele și drupele sînt verzi, acre și astringente la gust. Principalii acizi organici ce se găsesc în fructele necoapte sînt: acidul malic, tartric și citric. Acidul malic se găsește în mere, acidul citric în lămîie, acidul tartric în struguri. În afară de acestea, cele mai multe fructe, atîta timp cît sînt încă verzi mai conțin și amidon.

În timpul maturației amidonul dispare aproape complet (probabil se transformă în produși insolubili) iar acizii organici dispar în parte. Cantitatea cea mai mare de acid citric din lămîie se găsește numai în fructele coapte. În decursul maturației acizii organici se transformă în zahăr, care prin hidroliză se transformă în glucoză și fructoză.

În unele fructe ajunse la maturitate mai rămîne o anumită cantitate de zahăroză netransformată; este cazul perelor, prunelor, caiselor, bananelor ș.a.



©PecAbane 2013

Dezvoltarea fructelor este în mod frecvent inițiată prin diviziuni celulare urmate de mărirea celulelor. Unele fructe cresc pînă la 200—300 ori față de mărimea lor inițială. La *Cucurbita pepo*, mărimea celulelor este de peste un milion de ori mai mare decît mărimea inițială.

La completa lor maturitate unele fructe cărnoase, cum sînt perele, devin mălăiețe din cauza gelificării lamelelor mijlocii dintre celulele ce formează partea cărnoasă a fructului. Amintim în sfîrșit că în mezocarpul unor fructe cărnoase, cum sînt măslinele, în loc de amidon se formează ulei (untdelemn).

Cît privește culoarea fructelor cărnoase, se observă că la unele din ele, aceasta se datorește pigmenților antocianici (struguri negri, cireșe etc.); la alte fructe, cum sînt pătlăgele roșii, măcieșe, scoruțe ș.a., culoarea se datorește cromoplastelor.

**Valoarea taxonomică a fructelor**. Pentru anumite familii de plante diversitatea morfologică, natura și structura fructului sînt adeseori folosite drept criterii în clasificație. Sistematica cruciferelor și a umbeliferelor de exemplu este bazată aproape în întregime pe morfologia fructelor. În alte cazuri, consistența pericarpului servește la separarea subfamiliilor. Așa este cazul rozaceelor în cadrul căreia subfamilia pomoidee este caracterizată prin fructe baciforme false, pe cînd subfamilia prunoidee prezintă drupe, iar subfamilia spireoidee este caracterizată prin capsule.

Un caz analog îl întîlnim la oleacee, ranunculacee ș.a. În cadrul familiei oleacee, genul *Olea* produce drupe, *Syringa*, capsule, iar *Ligustrum*, bace. În unele cazuri, caracterele morfologice ale fructelor servesc drept criterii la separarea speciilor, iar uneori și a varietăților sau soiurilor (*Asteraceae, Cruciferae, Rosaceae*).

## 5.3.7. Clasificarea fructelor

Fructele pot fi clasificate după criterii morfologice, cînd se are în vedere forma și alcătuirea gineceului din care provin, sau cînd ne referim la numărul carpelelor ori la consistența pericarpului. Fructele mai pot fi clasificate după criterii ecologice, cînd se are în vedere felul cum se comportă pericarpul la diseminare. Alteori carpologii se referă la filogenie, adică la originea și etapele prin care a trecut gineceul pentru a ajunge la formele actuale.

Sistemele de clasificare actuale au neajunsul că pornesc de la criterii pur morfologice, ignorînd total sau parțial criteriile genetic și ecologic. De fapt un sistem de clasificare al fructelor care să țină seama atît de criteriul morfologic, ecologic cît și de cel genetic și filogenetic, nu există încă.

Clasificarea fructelor într-un astfel de sistem este îngreuiată de marea diversitate a fructelor în general, dar mai ales de variabilitatea lor în cadrul aceloraşi unități taxonomice (*Ranunculaceae, Solanaceae, Rubiaceae* ș.a.).

*I. Roth* (1977) este de părere că următoarele caractere ar trebui luate în considerare în vederea stabilirii unui „sistem natural al fructelor": dispoziția ciclică sau spirociclică a carpelelor, gradul de concreștere al carpelelor, numărul carpelelor, tipul de placentație, participarea receptaculului la formarea fructului, numărul de semințe (fructele cu mai multe semințe sînt considerate mai primitive; reducerea semințelor este considerată ca un caracter evoluat, dehiscența fructelor (dehiscența ventricidă fiind tipul cel mai primitiv), scindarea fructelor în mericarpe (caracter derivat), consistența pericarpului (consistența uscată și lemnoasă este considerată mai primitivă decît cea cărnoasă), participarea elementelor accesorii la formarea fructului, asocierea (agregarea) fructelor în inflorescențe fructifere sau *infructescențe* (lat. *in* = în(ăuntrul); *fructus* = fruct).

Se cunosc mai multe sisteme de clasificare a fructelor, în cea mai mare parte artificiale. Singurul sistem natural sau morfogenetic, care se sprijină pe caracterele morfologice şi filogenetice ale tipului de gineceu este cel elaborat de *M. Guşuleac* (1938) şi *H. Winkler* (1939).

*M. Guşuleac* (1938) deosebeşte după tipul de gineceu trei grupe mari de fructe:

I. *Apocarpice*, fructe care provin din ginecee apocarpe, polimere pînă la monomere; din fiecare carpelă liberă, rezultă un fructuleţ;

II. *Eusincarpe*, fructe care provin din ginecee eusincarpe sau paracarpe, bimere pînă la polimere; la maturitatea fructului carpelele rămîn concrescute în întregime sau cel puţin parţial.

III. *Apocarpoide*, fructe care provin din ginecee eusincarpe, bimere pînă la polimere; la maturitate se desfac în tot atîtea fructuleţe din cîte carpele este alcătuit gineceul sau într-un multiplu al acestora.

După numărul carpelelor care participă la formarea fructului, fiecare grupă mare din cele trei se subdivide în subgrupe mai mici. Aşa de exemplu, grupul de fructe *apocarpice* se subdivide în:

A. *policarpice*, fructe care provin din ginecee alcătuite din numeroase carpele libere;

B. *monocarpice*, fructe care provin din ginecee monocarpelare;

C. *metacarpice*, fructe care provin din ginecee policarpelare, iniţial cu carpele libere; la maturitate carpelele apocarpe concresc prin intermediul receptaculului.

Grupul de fructe *eusincarpe* se subdivide, la rîndul său, după numărul lojilor ovariene, în:

A. *pluriloculare*; B. *uniloculare*; la acestea, *I. T. Tarnavschi & Rodica Isăcescu* (1949) adaugă fructele *brahisincarpe*, caracterizate prin aceea că la dehiscenţa lor, carpelele rămîn parţial concrescute.

Grupul de fructe *apocarpoide* se subdivide în:

A. *euschizocarpice*, la maturitate carpele întregi se transformă în fructuleţe seminifere;

B. *anaschizocarpice*, la maturitate carpelele se multiplică într-un număr mai mare de fructuleţe (mericarpii) sau schizocarpii decît numărul iniţial de carpele ale gineceului.

Fiecare subgrupă cuprinde 4 forme (tipuri) elementare, ecologico-biologice sau elemente de fructe: *capsula* (cu pericarp dehiscent); *nuca* (cu pericarp uscat, indehiscent), *baca* (cu epicarpul membranos, mezo- şi endocarpul cărnoase) şi *drupa* (cu epicarpul membranos, mezocarpul cărnos şi endocarpul tare, lignificat).

Toate grupele de fructe descrise sînt cunoscute sub denumirea generală de *monantocarpice*, deoarece se formează din cîte o singură floare. Acestea ar corespunde fructelor *simple* şi *multiple* din clasificarea morfologică, artificială a fructelor.

În afara grupei monantocarpicelor, există şi fructe *cenantocarpice*, care rezultă din inflorescenţe. Ele se încadrează în una din cele trei grupe mari, respectiv în una din subgrupele descrise şi în una din cele patru tipuri ecologico-biologice. Fructele cenocarpice corespund fructelor *compuse* din sistemele morfologice, artificiale ale clasificării fructelor (tabel XI).

*I. Grinţescu* (1928) elaborează un sistem de clasificare deosebit de interesant. El împarte fructele în 5 grupe mari:

1. Fructe simple *apocarpice*, adică fructe care rezultă dintr-un gineceu apocarpic;

2. Fructe simple *cenocarpice*, care rezultă dintr-un gineceu cenocarpic;

3. Fructe *multiple*, care rezultă dintr-un gineceu format din mai multe carpele apocarpice aparţinînd unei singure flori;



©Pechabuie 2013

Sistemul morfogenetic al fructelor — Tabelul X

I MONANTOCARPE

| I. Apocarpe | II. Eusincarpe | III Apocarpoide |
|---|---|---|
| A. Policarpice | A. Multiloculare | A. Euschizocarpice |
| c : Paeonia, Spiraea | c : Capsella, Hyosciamus | c : Geranium, Euphorbia |
| n : Ranunculus, Potentilla | n : Plantago, Tilia | n : Acer, Daucus |
| b : Anona, Drymis | b : Convallaria, Lycopersicum | b : Tropaeolum |
| d : Rubus, Potamogeton | d : Juglans, Sambucus | d . Palmae, Ochna |
| B. Monocarpice | B. Uniloculare | B. Anaschizocarpice |
| c : Phaseolus, Coronilla | c : Salix, Primula | c : Malva |
| n : Urtica, Alchemilla | n : Ulmus, Triticum | n : Lamium, Symphytum |
| b : Berberis, Phoenix | b : Ribes, Ecballium | b : - |
| d : Prunus, Hipophae | d : Celtis, Cocos | d : Labiatae |
| C. Metasincarpice | C. Brahisincarpice | |
| c : Nigella Malus | c : Periploca, Butomus | |
| n : Nelumbo | | |
| b : - | | |
| d : - | | |

II CENANTOCARPE

jir : Fagus; sicona: Ficus ; soroza : Morus; glomerul : Beta

c = capsula ; n = nuca; b = baca ; d = drupa

4. Fructe *compuse*, care provin din inflorescențe, adică grupări de fructe dispuse pe o axă comună (infructescență);

5. Fructe *false*, în alcătuirea cărora intră nu numai peretele ovarului dar și alte părți ale florii.

*M. Andrei* (1972, 1978) utilizînd nomenclatura carpologică existentă, prezintă un sistem de clasificare al fructelor avînd la bază următoarele criterii:

— provenința fructului, dintr-o floare sau o inflorescență;
— numărul carpelelor și raportul dintre ele;
— consistența pericarpului și modul de diseminare al semințelor.

Autorul citat clasifică fructele în două mari grupe:

A. *Monantocarpice* și B. *Cenantocarpice*. Cele monantocarpice le împarte în: *monocarpice* și *policarpice* (tabel XII).

**A. Fructe monantocarpice**

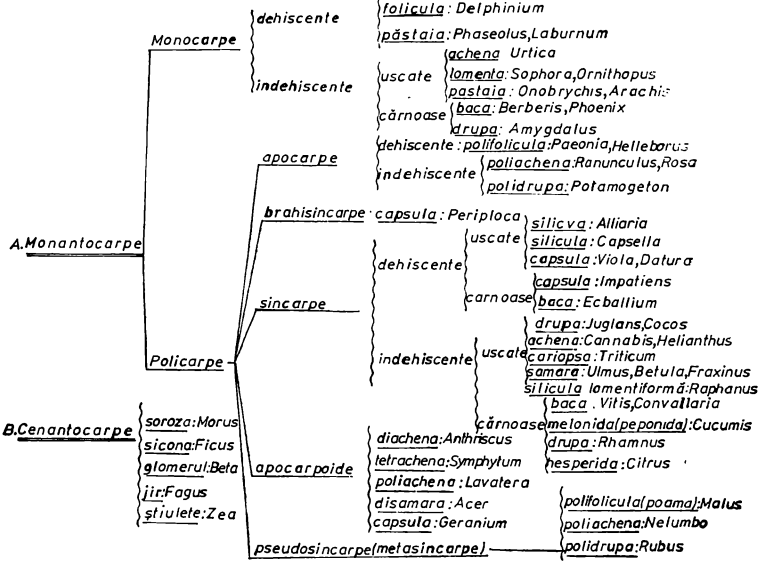
1. *Fructe monocarpice*. Tipurile de fructe cuprinse în această grupă sînt uscate sau cărnoase, dehiscente sau indehiscente; ele se formează într-o singură floare. Din această grupă de fructe fac parte: *folicula, păstaia, achena, lomenta, baca, drupa*. Toate aceste fructe *provin din ginecee monocarpelare*.

**Folicula**. Se dă numele de folicul unui fruct monocarpelar, uscat, dehiscent, care la maturitate se deschide de-a lungul liniei ventrale de sutură a carpelei (*Delphinium* sp. ș.a.); foliculele conțin de obicei mai multe semințe.

**Păstaia**. Spre deosebire de folicul, păstaia se deschide atît pe linia de sutură (ventrală) a marginilor carpelei cît și pe nervura mediană (dorsală) a carpelei. Cele două valve ale păstăii se răsucesc și expulzează semințele.

Dehiscența păstăii este ușurată de dispoziția diferită a microfibrilelor și cristalelor de celuloză din endocarp. La unele specii ale genului *Vicia*, păstaia plesnește la

Tabelul XII






©RedAbaris 2013

maturitate cu zgomot aruncînd semințele la anumită distanță. Astfel de păstăi se numesc *ruptile* (lat. *rumpo* = rupt, zdrobit).

Ca și folicula, păstaia este un fruct uscat, unilocular și de obicei multisperm. Păstaia este fructul caracteristic leguminoaselor. Cele mai multe sînt dehiscente; se cunosc însă și păstăi indehiscente. Este cazul alunelor de pămînt (*Arachis hypogaea*), roșcovelor (*Ceratonia siliqua*). glădița (*Gleditia triacanthos*) ș.a.

La trifoi (*Trifolium* sp.), sparcetă (*Onobrychis viciifolia*) păstăile sînt scurte și monosperme. Trebuie menționată păstaia de la coronițe (*Coronilla varia*) care la maturitate se fragmentează transversal, fiecare fragment (articul) conținînd cîte o sămînță. Asemenea păstăi poartă numele de *lomente* (lat. *lomentum* = fruct articulat); *legumen lomentaceum*.

La acestea se mai adaugă, *achena* monocarpică de la *Urtica* sp., *baca* de la *Berberis vulgaris* și *Phoenix dactylifera* și *drupa* de la *Amygdalus* sp., asupra cărora vom reveni.

**Fructe policarpice — sincarpice, dehiscente**. Sînt fructe care provin tot dintr-o singură floare, dar din ginecee policarpelare sincarpe. Din această mare grupă de fructe fac parte: *silicva* și *silicula, capsula, pixida*.

**Silicva și silicula**. Sînt fructe bicarpelare, uscate, dehiscente caracteristice familiei crucifere.

**Silicva** propriu-zisă este un fruct lung, deci cu cele două axe (lungimea și lățimea) inegale (aб > bb); silicvele scurte cu cele două axe aproximativ egale se numesc *silicule*. Deci silicula este o formă de silicvă. La acest tip de fruct uscat este de remarcat că între cele două carpele concrescute se formează de timpuriu un perete fals (*septum* sau *replum*) care împarte cavitatea ovariană, unilocular în două cavitate biloculară. Dehiscența acestor fructe se face de-a lungul a 4 linii longitudinale, apropiate două cîte două.

La maturitate silicva se deschide prin două valve care se ridică de jos în sus. După cum peretele fals este lat sau îngust, deosebim două tipuri de silicvă: *latisepe* ca la *Lunaria rediviva* (fig. 376) și *angustisepte* ca la *Capsella bursa-pastoris*.

La unele specii de crucifere întîlnim o formă specială de silicvă numită *lomentă* (*siliqua lomentacea*). Spre deosebire de silicva propriu-zisă lomenta ajunsă la maturitate se rupe transversal, în fragmente (articule) monosperme ca la *Raphanus raphanistrum*.

**Capsula**. Este cel mai răspîndit tip de fruct uscat întîlnit la plante. Numeroasele forme de capsule pot fi împărțite în două categorii: *dehiscente* și *indehiscente*.

**Capsula dehiscentă**. Dehiscența capsulei este de asemenea rezultatul gomflării anizotrope a pereților celulari. La *Colchicum autumnale* capsula se desface în valve, de unde și denumirea de *capsulă valvicidă*, pe cînd la *Primula officinalis* și la *Cerastium arvense*, capsula se deschide la vîrf.

Dehiscența capsulelor valvicide se realizează în trei moduri diferite:

— *dehiscența septicidă*. Se realizează prin dedublarea pereților de separație dintre carpele (*Colchicum autumnale*); la *Periploca graeca, Butomus umbellatus* ș.a. capsula se deschide prin valve care rămîn parțial concrescute. Asemenea fructe au fost denumite *brahisincarpe*;

— *dehiscența loculicidă*. Se realizează prin crăpături care se produc de-a lungul nervurilor mediane ale carpelelor (*Tulipa gesneriana*); în ambele cazuri, semințele rămîn prinse pe valve;

— *dehiscența septifragă*. Se realizează prin deschiderea atît de-a lungul liniilor de sutură cît și de-a lungul nervurilor mediane. În acest caz semințele sînt prinse pe țesuturile placentare deslipite de valve, formînd un singur corp cu axa fructului (*Datura stramonium*). Dehiscențele septicidă, loculicidă și septifragă se întîlnesc atît la capsulele cu placentație axilară cît și la cele cu placentația parietală.



CC-BY-NC-ND Academia 2013

Fig. 376. Tipuri de fructe uscate:
*1* — foliculă *(Helleborus sp.)*; *2* — capsulă *(Tulipa sp.)*; *3* — păstaie *(Pisum sattvum)*; *4* — silicvă *(Cheiranthus cheiri)*; *5* — s. latiseptă *(Lunaria annua)*; *6* — s. angustiseptă *(Capsella bursa-pastoris)*; *7* — pixidă *(Anagallis* sp.); *8—10* — capsule poricide: *8* — *Antirrhinum majus*; *9* — *Muchia aurea*; *10* — *Papaver somniferum*: *a—f* — secțiuni transversale (d. I. Grințescu).

**Capsule poricide.** La *Campanula* sp., *Anthirrhinum majus*, *Papaver somniferum*, *Linaria* sp., ș.a. capsula se deschide prin pori sau crăpături de unde și denumirea de capsule poricide. Dehiscența poricidă constituie un caz special al celei loculicide. Porii sau crăpăturile se pot produce într-o singură carpelă sau în toate carpelele gineceului.

**Pixida** (gr. *pixis* = cutie) sau *capsulă operculată*. Un tip de capsulă care se deschide de-a curmezișul printr-un căpăcel de dehiscență circumcisă care se desprinde în momentul diseminării. Aceasta se datorește pericarpului care la maturitate se usucă și se contractă în timp ce volumul semințelor, care ocupă toată cavitatea fructului, rămîne neschimbat. Pixide întîlnim la *Anagallis arvensis*, *Plantago* sp., *Portulaca* sp., *Hyosciamus* sp. ș.a. (v. fig. 376).

**Capsule ruptile.** Sînt capsule care la maturitate plesnesc, aruncînd semințele la distanțe apreciabile. De obicei deschiderea acestor fructe este însoțită de o mică explozie. Fructul de la *Hura crepitans*, o euforbiacee tropicală se desface în felii, pe care le aruncă la 25 m distanță de plantă. Explozia este atît de puternică încît seamănă cu o pocnitură de pistol.

Capsule ruptile se întîlnesc la *Ricinus communis*, *Viola tricolor*, *Oxalis acetosella* ș.a.

2. **Fructe policarpice, sincarpice indehiscente.** Cînd ovarul este monocarpelar, se transformă de obicei într-un fruct monosperm, indehiscent. Această grupă de fructe cuprinde fructe uscate și cărnoase.



CPedAdmis 2013

În categoria fructelor uscate intră: *achena, samara, cariopsa, nuca.*

**Achena** (cipsela). Se dă numele de achenă fructului a cărui unică sămînță este atașată de pericarpul membranos printr-un singur punct; la maturitate sămînța este liberă.

La *Lactuca sativa*, pericarpul achenei este alcătuit din celule mai mici decît ale tegumentului seminal. O dată cu maturarea fructului, apar în pericarp cavități lizigene, iar straturile celulare încep să se dezorganizeze; apar creste pericarpice evidente, alcătuite din celule sclerenchimatice, în final pericarpul fiind alcătuit din unul sau două straturi de celule. Achena este fructul caracteristic compozitelor; el constituie un criteriu deosebit de important în separarea speciilor din această familie.

**Samara.** Este un fruct uscat, acheniform, al cărui pericarp se prelungește într-o parte formînd o aripioară ca la *Fraxinus excelsior*; asemenea fruct se numește *monosamară*. Alteori pericarpul formează două aripioare ca la *Acer platanoides*. Astfel de fruct poartă numele de *disamară* (fig. 377).

**Cariopsa.** Este fructul caracteristic gramineelor a cărui particularitate constă în aceea că pericarpul este intim lipit de sămînță. Cariopsa de la grîu este formată din 3 părți principale: *pericarpul* concrescut în întregime cu tegumentul seminal, *endospermul* și *embrionul*.

Pericarpul este alcătuit din 5 straturi: epiderma externă, hipoderma, o zonă alcătuită din celule cu pereții subțiri, o zonă alcătuită din celule transversale și ultima zonă din celule tubulare (fig. 378). Epiderma externă și hipoderma formează *exocarpul*, ale cărui celule sînt alungite paralel cu axa longitudinală a cariopsei. La cariopsa matură lumenul acestor celule nu poate fi distins decît cu mare greutate. Celulele transversale cu pereții groși și punctuațiuni se găsesc sub stratul de parenchim, iar celulele tubulare cu pereții mai subțiri alcătuiesc epiderma internă a pericarpului. Celulele acestui strat prezintă mari spații intercelulare. Învelișul seminal care este concrescut cu pericarpul fiind dezorganizat (în cariopsa matură) nu prezintă o structură celulară decelabilă. De fapt, învelișul seminței constă numai din întegumentul intern, cel extern fiind complet distrus (dezorganizat). La grîu cariopsa este golașă, pe cînd la orz și la ovăz, cariopsa este îmbrăcată în *palee* sau *glumele* (fig. 379).

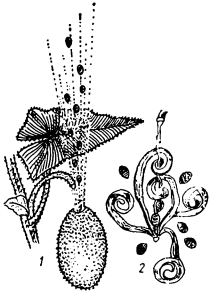



Fig. 377. Fructe cărnoase în momentul dehiscenței:
*1 — Ecballium elaterium; 2 — Impatiens scabrida* (d. I. Grințescu).

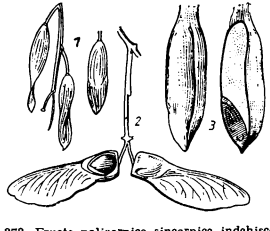



Fig. 378. Fructe policarpice sincarpice indehiscente:
*1 — monosamară (Fraxinus excelsior); 2 — disamară (Acer platanoides); 3 — cariopsă (Triticum aestivum)* (d. I. Grințescu).

**Nuca**. Este un fruct uscat, indehiscent, alcătuit dintr-un pericarp sclerificat care închide la interior, de regulă, o singură sămînță, deslipită de pericarp. Aluna (alun), ghinda (stejar), jirul (fag) sînt nuci.

La *Boraginaceae* și la *Labiatae* întîlnim tot un fel de nuci, dar de dimensiuni mult mai mici; asemenea fructe poartă numele de *nucule* (fructe parțiale sau mericarpe). Ele se formează în urma diferențierii în cele două carpele inițiale a cîte unui perete suplimentar; la maturitate gineceul bicarpelar, în loc să dea naștere la două nuci, corespunzător celor două carpele, formează patru *nucule*, corespunzător celor două carpele dedublate de pereții suplimentari.

Trebuie subliniat că la alună, ghindă, jir, nucile sînt înconjurate parțial de o cupă rezultată din concreșterea hipsofilelor.

În categoria fructelor cărnoase intră: *baca*, *drupa* și *hesperida*. Menționăm de la început că baca și drupa se formează din ginecee mono-, bi- sau pluricarpelare. Ele au tot pericarpul transformat într-un țesut cărnos (baca) sau numai o parte din el (drupa).

**Baca sau boaba**. Este fructul cărnos care se diferențiază din ginecee monocarpelare (*Berberis vulgaris*, *Phoenix* sp. ș.a.) sau policarpelare sincarpe (*Vitis vinifera*, *Lycopersicum esculentum*, *Convallaria majalis* ș.a.). În general o bacă conține două sau mai multe semințe, cu excepția bacelor de la *Phoenix* care sînt monosperme.

La *Lycopersicum esculentum* baca este alcătuită din pericarp și țesut placentar (partea zemoasă). Exocarpul este alcătuit dintr-o epidermă și din cîteva straturi subepidermice de colenchim. Epiderma este acoperită de o cuticulă subțire. Perii epidermici dispar la fructele mature. Mezocarpul constă dintr-un țesut gros, alcătuit din celule mari, cu pereții subțiri și cu spații intercelulare. Imediat după polenizare, mezocarpul crește rapid în grosime prin mărirea numărului de straturi celulare; totodată are loc o dezvoltare puternică a țesutului parenchimatic placentar care înconjoară semințele fără să concrească cu ele sau cu pericarpul.

La *Vitis vinifera*, întregul pericarp, exo-, mezo- și endocarpul sînt cărnoase. Bace asemănătoare ca structură întîlnim la *Ribes* sp., *Vaccinium* sp., *Atropa belladonna* ș.a. (fig. 380). La *Ribes* sp. și la *Vaccinium* sp., partea cărnoasă a fructului nu aparține mezocarpului ca la *Vitis vinifera* ci tegumentului extren al semințelor.

**Drupa**. Este un fruct cărnos, care provine din ginecee monocarpelare (*Amygdalus* sp., *Prunus* sp. ș.a.), bi- sau policarpelare sincarpe (*Juglans* sp., *Rhamnus* sp. ș.a.). Exocarpul fructului matur poartă o cuticulă și numeroși peri unicelulari. Mezocarpul este de obicei cărnos necompact (prune, măsline, caise ș.a.), uneori se usucă la scurt timp (*Juglans* sp., *Amygdalus* sp. ș.a.) sau fibros (*Cocos nucifera*). Endocarpul este întotdeauna lemnos fiind alcătuit din sclereide. El constituie sîmburele fructului. La prună de exemplu, endocarpul este format din mai multe straturi de sclereide strîns legate între ele. Exemple de drupă mai avem la cireș, cais, piersic ș.a. Este de remarcat că la migdal, nuc ș.a. partea cărnoasă a fructului (epicarpul și mezocarpul) se desface la maturitate, dar sămînța rămîne mai departe închisă în endocarp.

La prun, cireș, cais, măslin, drupele sînt monosperme, adică conțin cîte o singură sămînță închisă de endocarp; la *Rhamnus* sp. și la *Sambucus* sp., drupele sînt polisperme. Amintim în sfîrșit, că la drupe mezocarpul este străbătut de o rețea de fascicule libero-lemnoase.

**Hesperida**. Este fructul caracteristic unor rutacee, în special citricelor. Se formează din ginecee policarpelare, sincarpe, cu placentație axilară.

Exocarpul sau *flavedo* este compact, colenchimatic, și cu cavități care conțin ulei eteric și cromoplaste.

Mezocarpul sau *albedo* este alcătuit din celule incolore lax dispuse (buretoase), cu spații mari aerifere. Endocarpul este alcătuit din celule foarte mult alungite



BCU Cluj / Central University Library Cluj

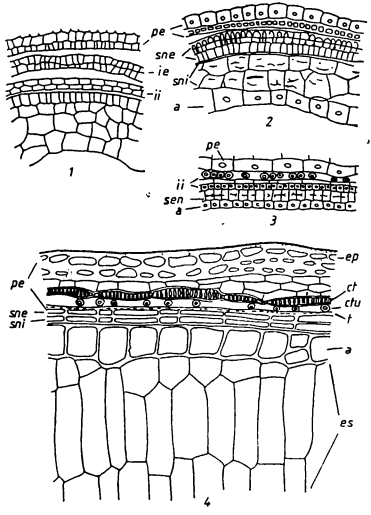



Fig. 379. Structura pericarpului la *Triticum aestivum* în diferite stadii de dezvoltare:

*a* — strat aleuronal; *ct* — celule transversale; *ctu* — celule tubulare; *ep* — epidermă; *es* — endosperm amidonos; *te* — tegument extern; *ti* — tegument intern; *pe* — pericarp; *sne* — strat nuclear extern; *sni* — strat nuclear intern; *t* — testă (d. M. Andrei).

cu pereți groși; ele alcătuiesc un strat compact. Veziculele fuziforme care umplu lojile ovariene cînd fructul se coace, se dezvoltă din celulele endocarpului (epidermei interne și ale straturilor subepidermale). Fiecare veziculă este acoperită la exterior de un strat de celule alungite. Acestea delimitează celule foarte mari cu pereți extrem de subțiri, pline cu suc (fig. 380).

**Fructe policarpice, apocarpoidice** (fructe multiple). Fructele din această categorie provin din ginecee bicarpelare pînă la policarpelare, eusincarpice. La maturitatea fructului, carpelele se desfac în tot atîtea fructulețe (mericarpii) cîte carpeie are gineceul sau într-un multiplu al numărului de carpele. Din această categorie fac parte: *cremocarpul* (diachena), *tetraachena*, *poliachena* și *disamara* ș.a.

**Cremocarpul** (diachena). Este fructul caracteristic umbeliferelor.

Într-o secțiune transversală printr-un mericarp (fructuleț parțial) de la *Apium graveolens* se observă 5 coaste, în care se află fascicule vasculare, însoțite de sclerenchim. Între fascicule se observă 1—3 canale oleifere.



CărtiAdunate 2013

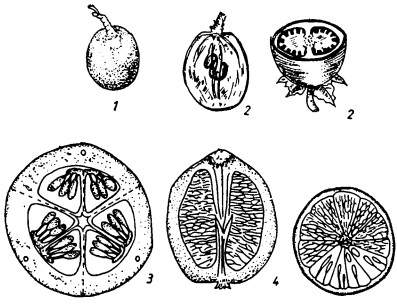


Fig. 380. Tipuri de fructe cărnoase:
*1 — Vitis vinifera; 2 — Solanum tuberosum; 3 — Cucumis sativus; 4 — Citrus aurantium* (d. K. Esau).

*Exocarpul* este alcătuit din celule mici, izodiametrice, iar mezocarpul din celule parenchimatice printre care se află canale oleifere.

*Endocarpul* constă din celule înguste; urmează testa care delimitează endospermul în care se află embrionul.

Cremocarpul provine dintr-un gineceu bicarpelar inferior. La maturitate cele două mericarpe se separă unul de altul de-a lungul zonei de concreştere a celor două carpele, rămînind ataşate de carpoforul bifidat. Cît priveşte carpoforul, acesta poate avea origină axială sau carpelară. Unii specialişti consideră că numai porţiunea bazală a acestuia ar fi de origine receptaculară, partea cea mai mare din carpofor fiind carpelară.

**Tetranucula** (v. nucula). Rezultă din ginecee sincarpice, bicarpelare în urma dedublării carpelelor respective. Se întîlneşte la *Boraginaceae* şi *Labiatae*.

**Polifolicula** (v. şi folicula). Provine din ginecee apocarpice şi sincarpice. La *Paeonia* sp., *Helleborus* sp. ş.a. se formează din ginecee apocarpice, la *Sedum* sp. ş.a. din gineceu sincarpic.

**Poliachena** (v. achena) se formează din ginecee apocarpice şi sincarpice. La *Ranunculus* sp., *Ficaria verna* ş.a. poliachena provine din ginecee apocarpice în timp ce la *Malva* sp., *Althaea* sp., *Lavatera* sp. ş.a. din ginecee sincarpice.

**Fructe pseudosincarpice** (metasincarpice sau fructe false).

La formarea acestor fructe, în afară de gineceu mai participă şi alte părţi ale florii, în special receptaculul. Din această categorie menţionăm:

**Polifolicula** (poama) care rezultă dintr-un gineceu pseudosincarpic; printre carpele se intercalează axa florală (receptaculul) care concreşte cu acestea. Fructul este caracteristic unor rozacee, cum sînt: *Malus* sp., *Pyrus* sp., *Cydonia* sp. ş.a. Partea comestibilă a fructului este reprezentată deci de receptaculul puternic dezvoltat. Endocarpul sclerificat al fiecărei carpele este reprezentat de un perete gros; el închide la interior sămînţa.

**Poliachena**. În acest caz axa florală pătrunde printre carpele dar nu concreşte cu acestea. Achenele se diferenţiază în lăcaşurile din receptacul. Este cazul fructului de *Nelumbo nucifera*.



©PrezAbanie 2013

**Polidrupa** (v. și drupa). La speciile genului *Rubus* fructele sînt formate din mici drupe numite drupeole provenite dintr-un gineceu sincarpic.

Fructul cucurbitaceelor, numit *melonidă* (fr. *melon* = pepene) sau peponidă este alcătuit dintr-un epicarp gros, la dovleac chiar sclerificat, mezocarpul este cărnos iar endocarpul suculent, conține numeroase semințe (pepene, dovleac, castravete ș.a.).

**Fructe cenantocarpice** (fructe compuse)

Acest grup de fructe, spre deosebire de cele anterioare, rezultă din asociații de flori, adică din inflorescențe. Un asemenea fruct alcătuit dintr-o asociație de fructulețe, provenite dintr-o inflorescență poartă numele de *cenocarp* sau *cenantocarp*. Din grupa fructelor cenantocarpice fac parte: *soroza, sicona, știuletele* și *glomerula*.

**Soroza** este fructul caracteristic dudului (*Morus* sp.), ananasului (*Ananas sativa*), maclurei (*Maclura aurantiaca*) ș.a. În primul caz numai învelișurile florale devin cărnoase, comestibile, în timp ce la ananas devin cărnoase atît învelișurile florale cît și axele florale și axa inflorescenței.

**Sicona** este fructul smochinului alcătuit din numeroase achene închise într-o urnă cărnoasă provenită din hipertrofierea și invaginația vîrfului inflorescenței.

**Știuletele de porumb** este și el un fruct compus, provenit dintr-o inflorescență feminină. Numeroase cariopse sînt dispuse pe o axă dezvoltată, în alveole provenite din bracteile florale.

**Glomerula** provine dintr-o formă de cimă; ca se întîlnește la centrosperme (*Chenopodium* sp., *Beta vulgaris*). Capsulele monosperme grupate cîte 2—4 sînt învelite fiecare în perigonul său, care devine lemnos la maturitate.

Toate aceste tipuri de fructe convenționale pot fi ușor încadrate în sistemul de clasificare elaborat de *M. Guşuleac* (1938), dacă vom ține seama de următoarea corespondență cu fructele elementare, ecologo-biologice din sistemul morfogenetic amintit:

— în noțiunea de *capsulă* sînt cuprinse: folicula, polifolicula, păstaia, silicva, silicula;

— în noțiunea de *nucă* sînt cuprinse: achena, nuca, samara, cariopsa, diachena, tetraachena, poliachena, tetranucula;

— în noțiunea de *bacă*: toate tipurile de bacă, melonida (peponida);

— în noțiunea de *drupă* sînt cuprinse: drupa rozaceelor, polidrupa.

CAPITOLUL VI

# 6. SĂMÎNȚA

Se știe că după fecundație, din zigot rezultă *embrionul* iar din zigotul accesoriu, *endospermul secundar*. Simultan, învelișurile ovulului sau integumentele, după modificări mai mult sau mai puțin accentuate, formează învelișul seminței sau *tegumentul seminal*. Acestui complex tisular alcătuit din embrion, endosperm și tegument i s-a dat numele de *sămînță*.

Apariția seminței la cormofitele seminifere a reprezentat un progres deoarece a asigurat victoria în lupta pentru viață, îndeosebi la mediul terestru și le-a făcut capabile să supraviețuiască mai bine decît cormofitele sporifere (*Tr. Ștefureac*, 1973).

## 6.1. Forma, mărimea și culoarea semințelor

Din punct de vedere al formei, semințele variază foarte mult, nu numai cu specia, dar chiar în cadrul aceleiași specii sau individ. Cele mai des întîlnite forme de semințe sînt: sferice, lenticulare, elipsoidale, alungite, reniforme etc. Așa de pildă, semințele de mazăre și cele de măzăriche sînt sferice, cele de trifoi roșu sînt ovate, alungit-ovate sau comprimate, iar cele de trifoi alb sînt rotund reniforme sau ovate.

În ceea ce privește mărimea unele semințe sînt atît de mici încît abia se văd cu ochiul liber. Este cazul semințelor de la *Orchidaceae* (*Microspermae*), *Orobanchaceae* ș.a. Alte semințe, cum sînt cele de pătlagină și cele de la unele crucifere (*Nasturtium* sp., *Capsella* sp. ș.a.), de tutun ș.a. sînt semințe mici. Semințe de dimensiuni mijlocii sînt cele de neghină, viță de vie și cele de măzăriche. Semințe mari sînt cele de la bob, fasole, castan sălbatic ș.a. Mărimea semințelor diferă chiar în cadrul aceleiași specii sau individ și variază în funcție de soi și de condițiile pedoclimatice în care se dezvoltă planta respectivă.

Dintre cele mai mari semințe cunoscute, menționăm pe cele ale palmierilor *Cocos* sp. și *Lodoicea* sp.; fructul împreună cu sămînța de la *Lodoicea* cîntărește 7—8 kg (fig. 382).

Cît privește culoarea, semințele variază de asemenea foarte mult; se poate aprecia însă că în general fiecare sămînță posedă o culoare specifică. Unele semințe sînt unicolore, altele bicolore sau mozaicat colorate. Culoarea semințelor este datorată unor pigmenți ce se află în tegumentul seminal. Semințele de măzăriche, cele de la ricin ș.a. au tegumentul pigmentat.

Datele despre formă, mărime și culoarea semințelor, constituie criterii în determinarea speciilor de plante.

**Numărul semințelor** dintr-un fruct variază de la o specie la alta și adesea chiar în cadrul aceleiași specii. Condițiile de viață optime influențează pozitiv numărul



©Pro Anima 2013

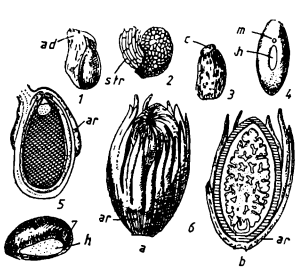



Fig. 381. Anexele tegumentului seminal:
*1* — sămînță de *Evonymus* sp.; *2* — *Chelidonium majus*; *3* — *Ricinus communis*; *4* — *Phaseolus vulgaris*; *5* — *Nymphaea alba*; *6* — sămînță de nucșoară: *a* — întreagă; *b* — în secțiune; *7* — sămînță de *Aesculus hippocastanum*: *ad* — arilod; *ar* — arii; *c* — carunculul; *h* — hil; *m* — micropil; *str* — strofiolă (d.M. Andrei).

de semințe. Fructele unor familii ca: graminee, compozite, ciperacee, conțin o singură sămînță (sînt monosperme), pe cînd cele ale orhidaceelor conțin un număr considerabil de semințe (sînt polisperme).

Dintre plantele spontane, cruciferele produc cele mai multe semințe. O singură plantă de *Sinapis arvensis* poate să producă într-o singură perioadă de vegetație pînă la 40 de mii semințe, iar *Capsella bursa-pastoris*, pînă la 60 de mii semințe. O altă cruciferă, *Sisymbrium sophia*, produce mai mult de 500 mii semințe anual.

**Morfologia seminței**

Analizînd macroscopic o sămînță de ricin, vom observa următoarele elemente: *tegumentul*, *embrionul* și *endospermul*, spre deosebire de o sămînță de mazăre la care vom observa numai *tegument* și *embrion*. Este de observat că la sămînța de mazăre embrionul ocupă tot conținutul seminței.

**Tegumentul** își are originea în integumentul sau integumentele ovulului fecundat care suferă modificări cito-chimice și structurale. În unele cazuri aceste modificări constau numai într-o îngroșare mai mult sau mai puțin pronunțată a pereților celulelor integumentelor ovulului.

În general învelișul extern al ovulului se sclerifică și devine rezistent. Acestui țesut de protecție de la exterior i s-a dat numele de *testă*. Învelișului intern al seminței format în general din mai multe straturi de celule cu pereții subțiri și moi, i s-a dat numele de *tegmen*.

## 6.2. Anexele tegumentului seminal

Într-un anumit loc, la suprafața tegumentului se observă o cicatrice care nu este decît locul unde sămînța a fost prinsă de funicul. Acestei cicatrice i s-a dat numele de *hil* (fig. 381). Forma și mărimea hilului variază de la o sămînță la alta. Așa de exemplu la fasole și la mazăre hilul are forma de butonieră. La semințele de *Physostigma* sp. hilul ocupă toată partea laterală a seminței; la castanul sălbatic hilul este foarte mare avînd o formă circulară. În planul de simetrie al unor semințe (fasole, mazăre ș.a.) se observă o mică ridicătură prevăzută cu un por, care este *micropilul* fostului ovul transformat acum în sămînță.

O altă anexă a tegumentului seminal o constituie *rafa* (rafeu) caracteristică semințelor provenite din ovule anatrope. Rafa se prezintă ca o proeminență a tegu-



Digitized by 2015

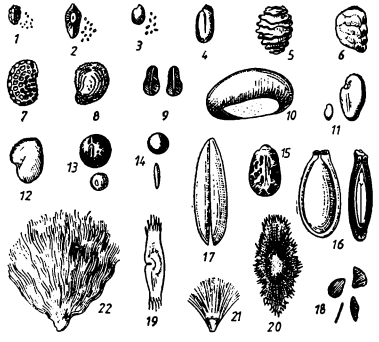


Fig. 382. Forme de semințe:
*1 — Orobanche rubens; 2 — Plantago major; 3 — Nasturtium officinale; 4 — Capsella bursa-pastoris; 5 — Delphinium consolida; 6 — Hedera helix; 7 — Nicotiana rustica; 8 — Agrostemma githago; 9 — Vitis vinifera; 10 — Aesculus hippocastanum; 11 — Medicago sativa; 12 — Trifolium pratense; 13 — Vicia sativa; 14 — Ervum lens; 15 — Ricinus communis; 16 — Cucurbita pepo; 17 — Phoenix dactylifera; 18 — Tulipa gesneriana; 19 — Bignonia sp.; 20 — Cinchona calisaya; 21 — Populus tremula; 22 — Gossypium barbadense* (d. I. Grințescu).

mentului rezultată din concreșterea funiculului cu o parte din corpul ovului (cuprinsă între hil și șalază).

Pe tegumentul seminal, la unele semințe, se mai găsesc diferite formațiuni cărnoase: *arilul, caruncula, ariloidul* și *strofiola. Arilul* se prezintă sub forma unui înveliș cărnos, cupuliform care acoperă, pe jumătate, sămînța. Se formează din baza ovulului, înainte de fecundație și se dezvoltă mult după aceea (semințele de nufăr, tisă ș.a.).

**Caruncula** este o proeminență cărnoasă (în formă de neg) de origine integumentală care apare în regiunea micropilară. Semințele euforbiaceelor, violaceelor, a unor papaveracee ș.a., sînt semințe caruncolate.

**Ariloidul** (arilod), se formează din integumentul extern, după fecundație; prin urmare înconjoară toată sămînța (*Evonymus* sp., *Asphodelus fistulosa* ș.a.).

**Strofiola** este o expansiune, tot cărnoasă, a funiculului, caracteristică semințelor de *Evonymus* sp., *Acacia* sp. ș.a.

Formațiunile cărnoase care conțin ulei, ca cele de la speciile genurilor *Chelidonium, Luzula, Gagea, Reseda, Galanthus, Ricinus* ș.a. se numesc *elaiosomi*. Este de remarcat că datorită acestor formațiuni anexe ale tegumentului, semințele plantelor respective sînt ușor apucate și transportate de furnici (răspîndire mirmecohoră).

**Semințe lipsite de tegument.** La plantele parazite semințele sînt lipsite de tegument, așa cum ovulele sînt lipsite de integumente (*Santalaceae, Loranthaceae,*



CarteAgro 2013

*Balanophoraceae* ş.a.). Mai trebuie arătat că tegumentul seminal, la foarte multe seminţe este *neted* (fasole, ricin ş.a.); în unele cazuri însă tegumentul este *reticulat* (seminţele de tutun) sau pronunţat reticulat alveolate (gura leului) sau cu asperităţi (neghină ş.a.) etc. În alte cazuri tegumentul seminal este în întregime acoperit cu peri lungi şi moi ca la seminţele de bumbac (v. fig. 382). Alteori seminţele sînt prevăzute cu cîte un smoc de peri dispus la vîrful seminţei (*Epilobium* sp., *Strophanthus* sp. ş.a.).

În ceea ce priveşte consistenţa tegumentului seminal este de remarcat că atunci cînd sămînţa este închisă într-un pericarp uscat şi indehiscent (floarea soarelui, cînepă, grîu ş.a.), tegumentul seminal este subţire şi moale. Dacă, dimpotrivă, sămînţa este continuată într-un pericarp uscat, scorţos şi indehiscent (fasole, ricin, ş.a.) tegumentul este sclerificat, adică este alcătuit din ţesuturi de apărare.

Sînt plante ale căror seminţe desi la început sînt *bitegminate* cînd ajung la maturitate nu mai posedă decît *testa*; tegumentul digerat de embrion dispare.

**Nervaţiunea tegumentului.** În general la seminţele cu două învelişuri fasciculele libero-lemnoase se dezvoltă şi se ramifică în partea externă a tegumentului, adică în testă. În unele cazuri însă fasciculele libero-lemnoase pătrund prin hil numai pînă la şalază şi nu se mai ramifică.

Interesante sînt din punct de vedere anatomic, seminţele de rodie (*Punica granatum*) şi seminţele de coacăz (*Ribes rubrum*) la care tegumentul seminal este alcătuit din două zone: una externă formată dintr-un ţesut moale şi suculent şi alta internă formată din sclereide. Partea cărnoasă şi comestibilă a acestor fructe aparţine deci tegumentului seminal şi nu pericarpului.

## 6.3. Structura tegumentului seminal

După cum am văzut tegumentul este alcătuit din două ţesuturi: unul extern numit *testa* şi altul intern, *tegmenul*; ele se deosebesc atît structural cît şi funcţional. Testa este un ţesut de protecţie, pe cînd tegmenul, prin însuşirea pe care o are, de a se îmbiba şi a reţine apa, se apropie de ţesutul acvifer. În ceea ce priveşte structura sa tegumentul seminal prezintă numeroase variaţiuni. Aşa de exemplu la unele seminţe tegumentul este redus la un singur strat de celule ca la *Orobanche* sp. Acelaşi lucru se observă şi la seminţele închise în pericarp de la multe umbelifere. La compozite tegumentul seminal este format din mai multe straturi de celule dar toate aceste straturi sînt formate din celule cu pereţii subţiri şi moi aşa încît nu se poate face o deosebire între testă şi tegmen.

La seminţele de neghină se observă bine deosebirea dintre testă şi tegmen, pe cînd la seminţele de tutun, în afară de tegmen se mai observă şi ultimul strat nucelar rămas neconsumat de endosperm. Amintim, în sfîrşit, cazul unor seminţe ale căror celule epidermice ale tegumentului au proprietatea de a elabora substanţe mucilaginoase, ca la pătlagină, traista ciobanului, in, gutui ş.a. În contact cu apa celulele mucilaginoase se umflă şi crapă, lăsînd să iasă lichidul vîscos.

Deosebit de interesantă este structura tegumentului seminal la seminţele leguminoaselor. Într-o secţiune transversală făcută în tegumentul unei seminţe de bob (*Vicia faba*), se observă de la exterior, două straturi de celule cu pereţii sclerificaţi. Primul strat este alcătuit din celule prozenchimatice, dispuse în palisadă, numite celule *malpighiene* (de fapt, macrosclereide), cel de al doilea este format din celule în formă de mosor (de fapt osteosclereide). Cele două straturi sclerenchimatice alcătuiesc *testa*.

Seminţele leguminoaselor se caracterizează prin prezenţa *liniei luminoase*, zonă semitransparentă şi birefringentă situată deasupra mijlocului celulelor mal-



CC-BY-SA Biblioteca 2013

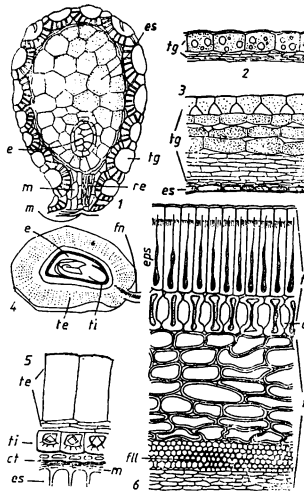



Fig. 383. Structura seminței:
*1 — Orobanche hederae; 2 — Laserpitium sp.; 3 — Hellanthus annuus; 4 — Punica granatum; 5 — Ribes rubrum; 6 — Vicia faba: cm — celule mosor; ct — cuticulă; e — embrion; eps — epidermă sclerificată; es — endosperm; fn — funicul; fll — fascicul libero-lemnos; m — micropil; re — rest din sacul embrionar; rn — rest nucelar; te — tegument extern; ti — tegument intern (d. I. Grințescu).*

pighiene. Se consideră că linia luminoasă asigură impermeabilitatea semințelor dure.

Cît privește tegmenul, acesta este alcătuit din celule mai mici dispuse în mai multe straturi suprapuse. Fasciculele libero-lemnoase ce alimentează tegumentul seminal sînt dispuse în tegmen (fig. 383).

Semințele plantelor cu fructe uscate, indehiscente, cu tegumentul seminal nediferențiat în testă și tegmen se numesc *uniteguminate*.

Semințele la care tegumentul este diferențiat în testă și tegmen se numesc semințe *biteguminate*.

Pentru unele grupări sistematice, cunoașterea exactă a structurii tegumentului seminal înlesnește separarea genurilor, iar uneori chiar și a speciilor.

La *Lycopersicum esculentum*, tegumentul seminal este alcătuit dintr-o epidermă externă, un țesut parenchimatic intermediar și o epidermă internă pigmentată. Această structură se modifică foarte mult pe măsura maturării seminței.

La *Linum usitatissimum*, stratul extern tegumental, în contact cu apa, devine mucilaginos. Tegumentul matur este pluristratificat. Epiderma externă este alcătuită din celule ai căror pereți tangențiali externi au fețele interne alcătuite dintr-o substanță mucilagigenă, cu textură stratificată. Cu timpul această substanță ocupă întreaga cavitate a acestor celule (fig. 384).

Substanța mucilaginoasă absoarbe apa, se umflă și presează asupra lamelelor mijlocii, rupîndu-le. Aceasta duce implicit la ruperea pereților tangențiali externi și a cuticulei. Imediat sub epidermă se află 2—3 straturi de celule cu lumenul

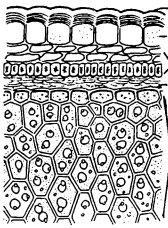



Fig. 384. Structura tegumentului seminal la *Linum usitatissimum:*
*ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *es* — endosperm; *nu* — țesut nucelar strivit; *ti* — tegument intern (d.I. Grințescu).

mai mult sau mai puțin circular urmate de un strat celular sclerenchimatic. Sub acestea se află 2—3 straturi de celule parenchimatice puternic aplatizate. Cel mai intern strat al testei este alcătuit din celule care conțin pigmenți ce dau culoarea caracteristică semințelor.

## 6.4. Funcțiile tegumentului seminal

Faptul că unul sau mai multe straturi ce alcătuiesc tegumentul seminal extern (testa) sînt sclerenchimatice dovedește că acest țesut îndeplinește un rol de apărare. De fapt, față de unii factori ecologici testa este un țesut protector, în timp ce tegmenul servește la absorbția apei, funcțiune importantă în momentul germinației.

## 6.5. Embrionul

Este partea vie cea mai importantă a seminței care se diferențiază din zigot în urma unui proces complex numit *embriogeneză*.

La orchidacee embrionul se diferențiază din timpul germinării seminței. La *Orobanche* sp., *Cuscuta* sp. ș.a. embrionul este parțial diferențiat în sămînță; dimpotrivă, unele plante (conifere, unele liliacee și ulmacee) au în semințe mai mulți embrioni diferențiați. Aceștia se dezvoltă de regulă prin *apomixie* (gr. *apo* = fără; *mixis* = amestecare).

În semințele de la poacee (mai rar la dicotiledonate) embrionul este mult diferențiat, inclusiv în primordii de rădăcini adventive. De obicei în hipocotil și cotiledoane este diferențiat un sistem procambial continuu. Embrionul este alcătuit din *radiculă* (rădăciniță), *axa hipocotilă* (cu muguraș, gemulă sau plumulă) și unul (monocotiledonate), două (dicotiledonate) sau mai multe (conifere) cotiledoane. Din dezvoltarea mugurașului, se formează *epicotilul* care se suprapune hipocotilului și împreună se vor transforma în tulpina principală.

### 6.5.1. Morfologia embrionului

Forma embrionului este variabilă. La ricin (*Ricinus communis*) embrionul este *drept*, la tutun (*Nicotiana tabacum*) este ușor *curbat*, la cartof (*Solanum tuberosum*) este în formă de spirală; tot spiralat este și embrionul din semințele de *Salsola*.

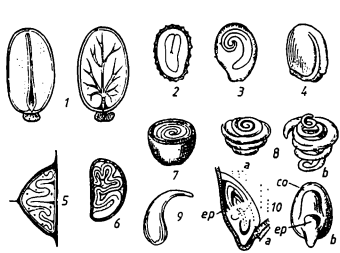



Fig. 385. Tipuri de embrioni:
*1* — drept cu cotiledoane plane (*Ricinus communis*); *2* — uşor curbat (*Nicotiana* sp.); *3* — în spirală (*Solanum tuberosum*); *4* — îndoit (*Crambe maritima*); *5* — cotiledoane mototolite (*Fagopyrum esculentum*); *6* — cotiledoane mototolite (*Ipomoea purpurea*); *7* — cotiledoane convolute; *8* — cotiledoane în spirală *Salsola kali*); *9* — embrion semilunar *Potamogeton* sp.); *10* — embrion de *Triticum* sp.: *a* — în secţiune; *b* — văzut din faţă: *co* — cotiledon; *ep* — epiblast (d. I. Grinţescu).

La *Atriplex* sp., *Beta vulgaris* ş.a. embrionul este aruncat sau circular. La *Crambe* sp. radicula embrionului este îndoită şi alipită de cotiledoane; la hrişcă (*Fagopyrum esculentum*) şi zorele (*Pharbitis purpurea*) cotiledoanele embrionului sînt mototolite (fig. 385).

În ceea ce priveşte dispoziţia cotiledoanelor faţă de tulpiniţă vom observa că la unele crucifere (*Sisymbrium* sp., *Brassica* sp., ş.a.) tulpiniţa se îndoaie şi se aşază în planul de simetrie al cotiledoanelor. În asemenea cazuri cotiledoanele se numesc *incombante*. La unele crucifere, cum sînt micşunelele, tulpiniţa embrionului se îndoaie şi se aşază perpendicular pe planul de simetrie al cotiledoanelor. Astfel de cotiledoane se numesc *acombante*. Aceste însuşiri morfologice ale embrionului sînt folosite în clasificaţia cruciferelor.

**Forma şi numărul cotiledoanelor.** La cele mai multe plante cotiledoanele embrionului sînt *plane*. Sînt însă cazuri cînd cotiledoanele sînt îndoite sau sînt încreţite în diferite moduri; plantula tinde să ocupe cît mai puţin loc în interiorul seminţei.

În ceea ce priveşte numărul cotiledoanelor, acesta poate varia în cadrul mono- şi dicotiledonatelor. Aşa de pildă la *Ficaria verna* (dicotiledonată) embrionul are un singur cotiledon iar embrionul de la *Anemone* sp. este lipsit de cotiledoane.

Au fost identificate, printre dicotiledonate embrioni cu 3 cotiledoane (tricotilie) cu 4 (tetracotilie) cu 5 (pentacotilie) sau cu numeroase cotiledoane (policotilie).

Unele monocotiledonate cum sînt *Leersia*, *Avena sativa* şi chiar *Triticum*, pe lîngă cotiledonul normal (scutelum) se mai observă un rudiment din cel de al doilea cotiledon. Acestui cotiledon rudimentar i s-a dat numele de *epiblast*.

**Policotilia** (policotiledonie) este caracteristică pentru conifere (2—18 cotiledoane). Se apreciază că policotilia este un caracter atavic.

**Orientarea embrionului.** Atît la di- cît şi la monocotiledonate, embrionul este orientat în aşa fel încît radicula priveşte întotdeauna spre micropil. De aceea la



CarteAdmin 2013

seminţele provenite din ovule ortotrope embrionul este dispus cu radicula în sus, pe cînd la seminţele provenite din ovule anatrope ascendente, cum este cazul la compozite, radicula embrionului este orientată în jos.

Oricum ar fi însă, embrionul este totdeauna aşezat în planul de simetrie al seminţei.

## 6.6. Endospermul

Simultan sau chiar înainte de începerea diviziunilor zigotului propriu-zis, se desfăşoară procesul de *endospermogeneză* (fig. 386). Zigotul accesoriu, rezultat în urma fuzionării a 3 nuclee, se divide liber (prin sporulaţie) sau cu formare de fragmoplaşti, înaintea zigotului propriu-zis, rezultînd în primul caz un endosperm *nuclear* (necelular), caracteristic pentru monocotiledonate, iar în al doilea caz, un endosperm *celular*, întîlnit la gamopetale.

**Endospermul nuclear.** Nucleele formate fără diferenţierea imediată a fragmoplaştilor (4—8, pînă la 2000 sau mai multe nuclee) se separă, după un anumit timp, prin pereţii celulari, care se formează centripetal şi spre şalază. Astfel se ajunge în final, la un masiv celular, nutritiv cu rol în hrănirea embrionului. Endospermul

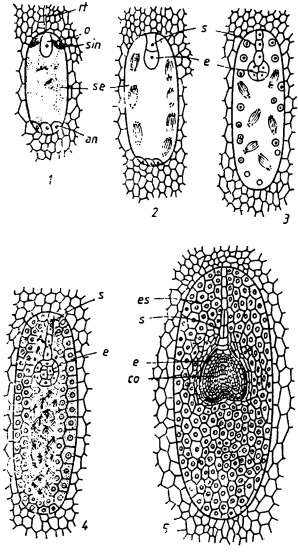



Fig. 386. Originea endospermului:
*an* — antipode; *co* —cotiledoane; *e* — embrion; *es* — endosperm; *o* — oosferă; *rt* — rest din tubul polinic; *s* — suspensor; *se* — sac embrionar; *sin* — sinergide (d.I. Grinţescu).



OCR Arhiva 2013

de tip nuclear se formează mai ales în ovulele crasinucelate de la monocotiledonate, apetale și dialipetale.

**Endospermul celular.** În acest caz diviziunile mitotice ale zigotului accesoriu sînt urmate imediat de formarea pereților despărțitori (cu ajutorul fragmoplastului). În acest fel rezultă endospermul celular.

**Endospermul intermediar.** Este cel de al treilea tip de endosperm, numit încă și *helobial* sau *bazal*. În acest caz, după prima mitoză sacul embrionar se divide în două celule inegale. În cea mare, micropilară se dezvoltă de obicei un endosperm nuclear. În celula mai mică, șalazală apar la început cîteva nuclee libere, sau se formează dintr-o dată celule. Endospermul intermediar a fost observat mai întîi la *Helobiae*. Se întîlnește la multe monocotiledonate, la unele dicotiledonate din *Ranales* (*Nymphaeaceae*), *Rosales* (*Saxifragaceae*), *Gruinales* (*Linaceae*) ș.a.

**Haustori endospermali.** La endospermul de tip intermediar, partea sa inferioară funcționează ca *haustor*. Spre deosebire de endospermul nuclear, la care haustorii sînt mai rar întîlniți, la endospermul celular sînt deosebit de frecvenți și variați.

Haustorii endospermali ușurează afluxul de substanțe nutritive din țesuturile înconjurătoare spre embrion.

La *Orchidaceae*, suspensorul embrionului se transformă adesea în haustor. Acesta pătrunde prin micropil în ovul și se înfige în placentă. Acești haustori înlocuiesc oarecum endospermul, ei absorbind din celulele înconjurătoare substanțele nutritive pe care le conduc la embrion.

La unele plante, nucela nu numai că nu este digerată dar dimpotrivă se dezvoltă, transformîndu-se într-un țesut în care se depun substanțe de rezervă. Acestui țesut nutritiv de origine nucelară (din afara sacului embrionar) i s-a dat numele de *perisperm* (gr. *peri-*; *sperma-*). Perispermul este întîlnit în semințele de la *Nymphaeaceae*, *Zingiberaceae*, *Piperaceae* ș.a. La *Cannaceae*, nucela este singurul țesut în care se depozitează substanțe de rezervă.

După prezența sau absența endospermului în sămînța matură se deosebesc două tipuri de semințe: *albuminate* și *exalbuminate*.

La o sămînță albuminată, endospermul nu a fost consumat de embrion înainte ca sămînța să intre în stare de repaus.

Cît privește semințele exalbuminate, acestea posedă la început un endosperm, dar acesta este consumat în întregime sau în bună parte de embrion în timpul dezvoltării, adică înainte de trecerea semînței în stare de repaus. În cazul semințelor albuminate este de observat că embrionul își reia, în momentul germinației, activitatea consumînd ce a mai rămas din endosperm, pe cînd în cazul semințelor exalbuminate, embrionul în momentul germinației consumă substanțele hrănitoare acumulate în cotiledoane. În ambele cazuri endospermul este un țesut trofic tranzitoriu (fig. 387).

La *Cruciferae*, *Rosaceae*, *Boraginaceae*, *Asteraceae*, semințele zise exalbuminate mai conțin totuși cîte 1—3 straturi de endosperm, de multe ori confundate cu tegumentul seminal. Asemenea semințe sînt considerate ca făcînd trecerea de la organizarea semințelor exalbuminate la cele albuminate.

Un caz interesant de formare a embrionului îl avem la semințele de *Cocos nucifera*. La aceste semințe embrionul se formează numai la periferie, partea de la mijloc a sacului embrionar rămîne plină cu un suc lăptos bogat în substanțe nutritive. Din partea solidă a endospermului cunoscută sub numele de *coprah* se extrage untul de cocos, folosit în industria alimentară și farmaceutică.

După fecundație, cele două sinergide, de regulă, dispar; antipodele se mai pot observa un timp, dar în cele din urmă sînt strivite și digerate în timpul endospermogenezei.

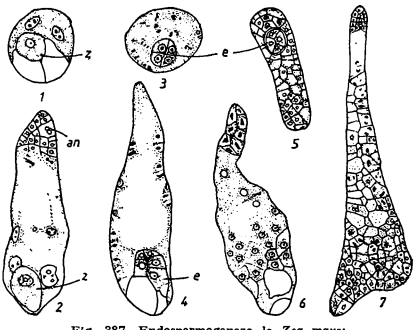



Fig. 387. Endospermogeneza la *Zea mays:*
*1, 2* — zigotul şi cîteva nuclee endospermale după 26 şi 34 ore de la fecundaţie; *3, 4* — embrion pluricelular şi diviziunea zigotului accesoriu; *5* — început de compartimentare a sacului embrionar; *6, 7* — endospermul după 96 ore de la fecundaţie: *an* — antipode; *e*— embrion; *z* — zigot (d. K. Esau).

La unele compozite se observă că antipodele continuă să se dividă dînd naştere unui ţesut trofic care invadează ţesutul nucelar. Funcţiunea acestui ţesut trofic provenit din înmulţirea antipodelor se confundă cu funcţiunea endospermului.

În ceea ce priveşte nucela, în cele mai multe cazuri embrionul după ce a consumat endospermul, continuă să digere ţesutul nucelar aşa încît la maturitatea seminţei nu mai rămîne nici o urmă de nucelă.

La *Umbelliferae*, înainte ca sămînţa să intre în repaus, embrionul consumă mai întîi ţesutul nucelar rămînînd ca endospermul să fie consumat ulterior, adică în timpul germinaţiei.

La *Nymphaeaceae*, *Zingiberaceae* şi *Piperaceae*, nucela nu numai că nu este digerată dar dimpotrivă se dezvoltă transformîndu-se într-un ţesut în care se depozitează substanţe de rezervă. Seminţele acestor plante vor avea prin urmare atît endosperm cît şi perisperm.

## 6.6.1. Tipuri de endosperm după natura substanţelor de rezervă

Din punct de vedere anatomic, endospermul este alcătuit din celule cu pereţii groşi sau subţiri. În cazul celulelor cu pereţii groşi, celulozici, celuloza se comportă ca o substanţă de rezervă.

După natura substanţelor de rezervă, pe care le conţine, endospermul poate fi: *oleaginos*, *cornos*, *gelatinos* sau *amidonos*.

Endospermul *oleaginos* este alcătuit din celule în care se află substanţe grase şi proteice. Un asemenea endosperm caracterizează seminţele de cînepă, ricin, in, floarea soarelui ş.a.

Endospermul *cornos* este alcătuit din celule cu pereţii groşi, formaţi din hemiceluloză. Endospermul seminţelor de curmal (fig. 388) este alcătuit din celule cu pereţii groşi, dar celulele conţin şi alte substanţe de rezervă (ulei, aleuronă ş.a.).



CPedAbris 2013

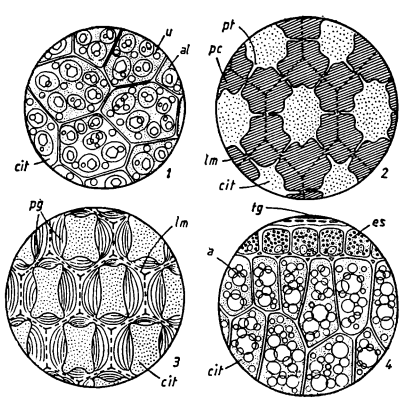



Fig. 388. Tipuri de endosperm după natura substanțelor de rezervă: *1 — Ricinus communis; 2 — Phoenix* sp.; *3 — Ceratonia siliqua; 4 — Triticum aestivum: a* — amidon; *al* — granule de aleuronă; *cit* — citoplasmă; *es* — primul strat al endospermului; *lm* — lamelă mijlocie; *pc* — pereți celulari îngroșați; *pg* — pereți gelificați; *pt* — punctuațiuni; *tg* — tegument; *u* — ulei (d. I. Grințescu).

Endospermul *gelatinos*, este întîlnit la unele leguminoase, cum sînt: *Ceratonia siliqua*, *Gleditsia* sp., *Sophora* sp., *Trigonella* sp. ș.a. În stare uscată acest endosperm este cornos, dar lăsat la macerare în apă, se umflă și devine gelatinos.

Endospermul gelatinos este alcătuit din celule care conțin mult amidon, de unde și numele de endosperm amidonos.

În cariopsa gramineelor este de remarcat că stratul superficial al endospermului numit *stratul aleuronal* este alcătuit din celule mari, izodiametrice în care se află o mare cantitate de substanțe proteice.

### 6.6.1.1. Semințe care conțin endosperm și perisperm

Unele semințe conțin pe lîngă endosperm și un alt țesut nutritiv nucelar, numit perisperm (fig. 389). În semințele de la nimfeacee, endospermul este oleaginos pe cînd perispermul este făinos.

### 6.6.1.2. Semințe lipsite de endosperm

La unele *Orchidaceae* deși are loc o dublă fecundație zigotul accesoriu triploid dispare, fiind digerat înainte de a intra în diviziune. În această situație, semințele respective sînt lipsite de endosperm.

Se cunosc semințe care nu posedă decît perisperm. Este cazul speciei *Canna indica*, unde țesutul nucelar (perispermul) înlocuiește endospermul. În semințele fără endosperm substanțele nutritive de rezervă sînt stocate chiar în embrion, în cotile-



©PecAbaris 2013

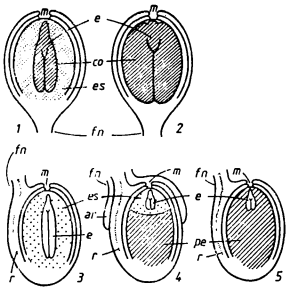



Fig. 389. Seminţe cu endosperm şi perisperm: *1* — albuminată; *2* — exalbuminată; *3* — cu endosperm; *4* — cu perisperm şi endosperm; *5* — cu perisperm: *ar* — aril; *co* — cotiledoane; *e* — embrion; *es* — endosperm; *fn* — funicul; *m* — micropil; *pe* — perisperm; *r* — rafă (d.I. Grinţescu).

doanele sale, care devin cărnoase, sau în diverse tesuturi ale ovulului. Seminţe cu urme de endosperm se găsesc mai ales la *Fabaceae, Rosaceae, Cucurbitaceae* şi *Asteraceae.*

**Forme intermediare între seminţele albuminate şi exalbuminate.** Între seminţele cu endosperm, care au un embrion mic (ricin ş.a.) şi seminţele lipsite complet de endosperm (fasole ş.a.) există numeroase forme intermediare.

La *Gleditsia triacanthos*, seminţele albuminate posedă embrioni cu cotiledoane cărnoase. De altfel în familia *Fabaceae* se întîlneşte o mare variaţie de seminţe în ceea ce priveşte prezenţa sau absenţa endospermului, începînd cu cele complet lipsite de endosperm pînă la cele bogate în endosperm. Interesante din acest punct de vedere sînt şi seminţele cruciferelor şi rozaceelor ale căror seminţe, deşi clasate ca exalbuminate, înainte de a ajunge la maturitate şi a trece în stare de repaus, ele mai conţin cîteva straturi de endosperm.

**Raportul embrion—endosperm.** Între embrion şi endosperm există anumite raporturi caracteristice pentru anumite tipuri de seminţe. Aşa de exemplu la grîu, embrionul ocupă un volum mic faţă de volumul endospermului, la curmal embrionul ocupă un volum şi mai mic. La *Fabaceae*, dimpotrivă, embrionul consumă în general tot endospermul înainte ca sămînţa să intre în stare de repaus. Acest lucru se întîmplă la toate seminţele exalbuminate.

**Poziţia embrionului faţă de endosperm.** În general la monocotiledonate embrionul este aşezat lateral (fig. 390) pe cînd la dicotiledonate embrionul este sau înconjurat de endosperm (*Ricinus communis*) sau embrionul înconjoară endospermul (*Beta vulgaris, Atriplex* sp. ş.a.).

Fig. 390. Poziţia embrionului faţă de endosperm: *1* — Ricinus communis; *2* — *Triticum aestivum*; *3* — *Beta vulgaris*; *4* — *Chenopodium* sp. (d. I. Grinţescu).



CărtiAzaire 2013

## 6.7. Organizarea structurală a semințelor

**Structura seminței la ricin** (*Ricinus communis*). Efectuînd o secțiune transversală prin sămînța de ricin, vom observa la exterior că tegumentul este format din *testa* la exterior alcătuită din celule cu pereții sclerificați și *tegmenul* sau tegumentul intern, constituit din celule cu pereții subțiri și moi.

Imediat sub tegument se află *endospermul*, în care este situat *embrionul*. Precizăm că embrionul cu cotiledoanele lui subțiri este dispus într-un plan perpendicular pe planul de simetrie al seminței și este înconjurat de endosperm (fig. 391). Cele două cotiledoane ale embrionului sînt prevăzute cu nervuri și stomate. Între cotiledoane se află *gemula* (apexul hipocotilului) care ulterior va da naștere axei epicotile; la partea inferioară se află *hipocotilul* care se termină cu *radicula*.

Endospermul este alcătuit din celule mari, pline cu substanțe de rezervă. Acestea constau din granule de aleuronă, de natură proteică și substanțe grase (ulei) în proporție de 50—60%.

**Structura semințeî* de grîu**. Așa cum s-a descris sămînța de grîu, ca și a altor cereale, este concrescută cu pericarpul alcătuind *cariopsa*. Reamintim că bobul de grîu, numit impropriu sămînță, este de fapt un fruct (cariopsă).

La grîu, sămînța prezintă o organizare asemănătoare cu aceea de la ricin, cu deosebirea că embrionul este plasat lateral și prezintă un singur cotiledon.

Secționînd longitudinal cariopsa de grîu, observăm la exterior *pericarpul*, alcătuit din 5 straturi de celule, primele 4 fiind alungite în sens longitudinal. Cele 4 straturi, de la exterior, sînt formate din celule asemănătoare însă strîns legate între ele. Primul strat de la exterior este *epicarpul*, straturile 2—3—4 formează *mezocarpul*. Al cincilea strat al pericarpului (ultimul) este *endocarpul* alcătuit din celule orientate transversal, cu pereții subțiri, prevăzuți cu punctuațiuni în formă de butonieră.

Pe partea internă a endocarpului se observă, din loc în loc, urmele unor perișori de origine, probabil endocarpică, reprezentați prin mici cerculețe duble.

Urmează apoi *tegumentul seminal* reprezentat printr-o linie groasă de culoare brună. Sînt cele două integumente ale ovulului strivite din cauza creșterilor din interiorul seminței. Sub tegumentul seminal se mai observă uneori două straturi de celule strivite. Sînt straturile de origine nucelară, greu de identificat la microscop. Urmează *stratul cu aleuronă*, țesut caracteristic semințelor de graminee (fig. 392).

Stratul aleuronal este alcătuit din celule mari, izodiametrice pline cu substanțe proteice de rezervă (fosfoproteide), grăsimi, enzime hidrolizante ș.a. La baza seminței, așezat în planul de simetrie, se găsește *embrionul* al cărui unic cotiledon, *scutelul* (scutuleț), este strîns lipit de endosperm. El este alcătuit din celule paren-

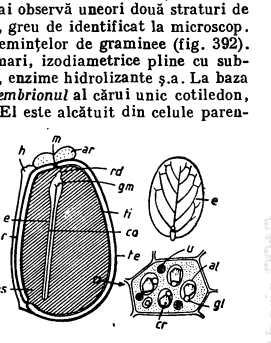



Fig. 391. Organizarea seminței de *Ricinus communis*: *al* — aleuronă; *ar* — ariloid; *co* — cotiledoane; *cr* — cristaloid; *e* — embrion; *es* — endosperm; *gl* — globoid; *gm* — gemulă; *h* — hil; *m* — micropil; *r* — rafă; *rd* — radiculă; *te* — tegument extern; *ti* — tegument intern; *u* — picături de ulei (d. I. Grințescu).

* în sensul propriu al cuvîntului, rezultată din ovulul fecundat.



©Presshaus 2013

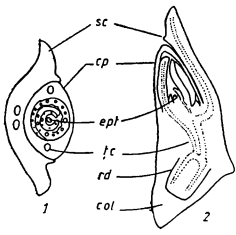



Fig. 392. Secțiune transversală (*1*) și longitudinală prin cariopsa (nuca) de *Hordeum sativum:*
*cp* — coleoptilă; *epi* — epicotil; *col* — coleoriză; *rd* — radiculă; *sc* — scutelum; *țc* — țesut conducător (d. K. Esau).

chimatice; stratul parenchimatic epidermal îndreptat către endosperm are celule absorbante lungi, cu capete lățite, umflate (celule epiteliale).

**Gemula** este protejată de mai multe frunzișoare ce alcătuiesc *coleoptila*, în formă de degetar, alungit, conic. Are de obicei un vîrf rigid, ascuțit; în cursul germinației seminței străpunge stratul solului ieșind la suprafață.

La monocotiledonate, scutulețul este organizat să funcționeze ca organ sugător (haustor) tot timpul cît durează germinația. Rezultă că cea mai mare parte a seminței de grîu este ocupată de endospermul amidonos. În afară de amidon, endospermul mai conține și substanțe de natură proteică (gluten).

**Structura seminței de fasole** (*Phaseolus multiflorus*). Am arătat deja că tegumentul seminței de fasole este alcătuit din două părți: *testa* și *tegmenul*. Sămînța de fasole fiind lipsită de endosperm, embrionul ocupă tot spațiul din interiorul ei (fig. 393). Între cele două cotiledoane cărnoase se află *tulpinița*, *radicula* și *gemuia*. Cotiledoanele sînt pline cu substanțe de rezervă de natură amilacee-aleuronică.

În timpul germinației cotiledoanele se golesc pe măsură ce embrionul se transformă în plantulă.

Un alt tip de sămînță exalbuminată, asemănătoare ca structură cu cea descrisă, se întîlnește la stejar (*Quercus robur*). Spre deosebire de fasole, sămînța de stejar este închisă într-un pericarp indehiscent, formînd fructul numit ghindă. Este de remarcat că, indiferent dacă substanțele de rezervă se găsesc depozitate în endosperm (ricin ș.a.) sau în cotiledoane (fasole ș.a.) ele sînt alcătuite fie din ami-

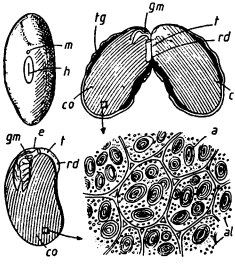



Fig. 393. Organizarea seminței de *Phaseolus multiflorus:*
*a* — amidon; *al* — aleuronă; *co* — cotiledoane; *gm* — gemulă; *h* — hil; *m* — micropil; *rd* — radiculă; *t* — tulpiniță; *tg* — tegument (d. I. Grințescu).



ProAnimo 2013

don, fie din grăsimi la care se adaugă o anumită cantitate de substanțe proteice (endospermul de la grîu, porumb, semințele de la cînepă, rapiță, fasole, stejar etc.).

## 6.8. Morfologia germinației semințelor

**Germinația seminței de ricin** (*albuminată*). Pusă în pămînt sau în nisip umed, sămînța absoarbe apă și își mărește volumul. În cele din urmă tegumentul crapă lăsînd să apară rădăcinița (colțul). Datorită geotropismului său pozitiv, rădăcinița (radicula) se îndreaptă în jos. După radiculă apare tulpinița sau axa hipocotilă care dezvoltîndu-se, ridică sămînța în sus, scoțînd-o afară din sol; se observă creșterea limitată a axei hipocotile. Zona de separație dintre radicule și axa hipocotilă poartă numele de *colet*. De la colet în jos, radicula este prevăzută cu peri absorbanți. La un moment dat tegumentul seminal, sub presiunea endospermului și cotiledoanelor, se desprinde și cade. În această fază radicula devine rădăcină principală care prezintă, la rîndul ei, numeroase *radicele* (fig. 394). Între cele două cotiledoane ale embrionului se află *mugurașul* sau gemula.

În sfîrșit, după ce endospermul este aproape în întregime consumat, cele două cotiledoane se dezlipesc, cresc, înverzesc și iau forma unor frunze. Este de remarcat că cele două cotiledoane funcționează la început ca organe de absorbție (a substanțelor de rezervă) iar mai tîrziu ca organe de asimilație.

Cu dezvoltarea mugurașului și formarea axei epicotile, plantula de ricin își începe viața sa autotrofă.

**Germinația seminței la porumb.** În linii generale se aseamănă cu cea descrisă la ricin cu deosebirea că la porumb embrionul posedă numai un singur cotiledon care rămîne închis în sămînță tot timpul cît durează germinația (fig. 395). Se mai

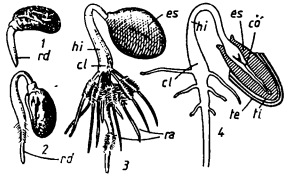



Fig. 394. Germinația seminței de *Ricinus communis:* *cl* — colet; *co* — cotiledoane; *es* — endosperm; *hi* — hipocotil; *ra* — radicele; *rd* — radiculă; *te* — tegument extern (D. I. Grințescu).

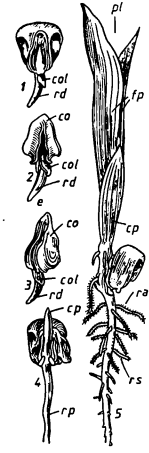



Fig. 395. Germinația seminței la *Zea mays:* *co* — cotiledon (scutelum); *col* — coleoriză; *cp* — coleoptilă; *e* — embrion; *fp* — frunze primare; *pl* — plantulă; *rp* — rădăcină principală; *ra* — rădăcini adventive; *rd* — radiculă; *rs* — radicele (d.I. Grințescu)

observă că după ce a funcționat ca organ de absorbție (al substanțelor de rezervă) singurul cotiledon dispare o dată cu încheierea germinației.

Ca și în cazul seminței de ricin, radicula este cea care apare prima și la germinația seminței de porumb; căutînd să iasă afară străbate țesuturile tulpiniței. Mica manșetă (coleoriza) ce se observă la baza radiculei provine din țesuturile tulpiniței. Radicula va da și ea naștere rădăcinii principale care nu întîrzie să se ramifice. Din primul nod al tulpiniței iau naștere primele rădăcini adventive. Către sfîrșitul germinației funcțiunea de absorbție este îndeplinită de rădăcinile adventive ce se formează la nodurile bazale ale tulpiniței.

La porumb mugurașul este alcătuit din mai multe frunzulițe dintre care cea externă, în formă de deget de mănușă este *coleoptila*. La un moment dat coleoptila crapă spre vîrf, lăsînd să apară mugurașul.

**Germinația seminței de fasole.** Se comportă, în general, ca cea de la ricin: în urma ruperii tegumentului seminal, apare radicula; ca și la ricin, radicula are origine exogenă; prin creșterea axei hipocotile, cotiledoanele sînt scoase afară din sol. Mugurașul se dezvoltă cel din urmă, dînd naștere axei epicotile.

Întrucît sămînța de fasole este lipsită de endosperm, substanțele de rezervă se găsesc depozitate în cotiledoane. În timpul germinației aceste substanțe sînt solubilizate cu ajutorul unor enzime și folosite la hrănirea embrionului. În cele din urmă cotiledoanele golite de substanțele de rezervă se usucă și cad.

**Germinația seminței la stejar** (*Quercus robur*). Așa cum s-a precizat sămînța de stejar rămîne închisă în pericarpul scorțos, formînd împreună ghinda (nucă). În prima fază a germinației sămînța continuă să rămînă închisă în pericarp; fazele următoare se aseamănă cu cele de la sămînța de fasole.

**Cotiledoane epigee și hipogee.** La fasole (*Phaseolus vulgaris*) am văzut că în timpul germinației axa hipocotilă crește și ridică cele două cotiledoane deasupra solului. O situație asemănătoare se mai întîlnește la fag, tei, paltin ș.a. Astfel de cotiledoane se numesc *epigee* (gr. *epi-*; *ge-*).

La fasolea ornamentală (*Phaseolus multiflorus*), axa hipocotilă crește mai puțin, așa încît în timpul germinației, cotiledoanele rămîn în sol. Asemenea cotiledoane se numesc *hipogee* (gr. *hypo-*; *ge-*). Cotiledoanele hipogee se întîlnesc mai ales la semințele lipsite de endosperm: mazăre, bob, stejar, nuc, castan sălbatic ș.a. Trecerea treptată a embrionului de la viața heterotrofă la cea autotrofă, trebuie considerată ca o fază critică în viața plantei.

## 6.9. Diseminarea fructelor și semințelor

Mijloacele de care dispun plantele pentru răspîndirea fructelor și semințelor sînt foarte variate.

La unele plante, fructele sau semințele sînt organizate pentru a fi diseminate cu ajutorul vîntului; altele sînt echipate pentru a fi transportate prin cursurile de apă; alteori, fructele ajunse la maturitate se deschid brusc, aruncînd semințele; în fine, fructele sau semințele sînt diseminate cu ajutorul animalelor.

Ținînd seama de toate aceste adaptări fructele sau semințele plantelor pot fi împărțite în patru grupe de diseminare: *anemohore, hidrohore, zoohore* și *autohore*.

**Diseminarea anemohoră** (gr. *anemos-*; *horeo*=a se răspîndi). Fructele sau semințele care se răspîndesc cu ajutorul vîntului sînt transportate la distanțe de sute de kilometri. Firește că pentru a fi ridicată și dusă la o distanță așa de mare, sămînța trebuie să fie mică și ușoară. Este cazul semințelor de *Orchidaceae* care pe lîngă faptul că sînt de dimensiuni microscopice, sînt prevăzute cu un tegument vezi-

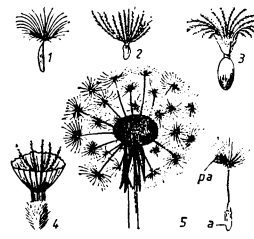



Fig. 396. Tipuri de fructe anemohore
*1 — Senecio vulgaris; 2 — Cirsium nemorale; 3 — Valeriana officinalis; 4 — Scabiosa* sp.; *5 — Taraxacum officinale; a* — achena; *pa* — papus (d. I. Grințescu).

culos (fig. 396). Este cazul, de asemenea, al semințelor de la unii arbori ca: frasin, ulm, mesteacăn, arțar ș.a.

Tot printre anemohore sînt clasate și achenele unor compozite, aparținînd genurilor: *Senecio, Cirsium, Taraxacum, Scabiosa*, a unor *Valerianaceae* ca *Valeriana* sp. ș.a. (fig. 396); fructele acestor plante sînt echipate cu dispozitive care le ajută să planeze. Tot în această categorie intră și unele plante care cresc prin pustiurile Arabiei și Saharei. Este cazul plantei roza Ierihonului (*Anastatica hierochuntica*), o mică cruciferă anuală, care odată dezrădăcinată se strînge ghem și mînată de vînt, este dusă la mari depărtări. Dacă în drumul ei ajunge într-o depresiune umedă, ghemul se desface, siliculele se deschid, lăsînd să cadă cîteva semințe; asemenea popasuri se pot repeta. Cam la fel se comportă: *Raphanus raphanistrum, Salsola kali, Eryngium campestre* ș.a. specii prezente și în flora spontană a țării noastre.

**Diseminarea hidrohoră** (gr. *hydro* = (cu, de, în, pe) apă; *horeo*-). Apele curgătoare sînt factori importanți în diseminarea fructelor sau semințelor. Aninii își răspîndesc fructele prin mijlocirea apelor curgătoare; sălciile și plopii își răspîndesc semințele atît cu ajutorul vîntului cît și a apelor curgătoare. Mai multe fructe pot fi transportate la distanțe foarte mari de către curenții de apă. Așa de pildă păstăile de *Entanda scandens* din America centrală sînt duse de Gulfstream pînă în Anglia și Norvegia; fructul de *Cocos nucifera*, datorită pericarpului său fibros și gros de cîțiva centimetri, sămînța de la interior poate suporta imersiunea în apa de mare timp de 30—40 zile, fără să-și piardă facultatea germinativă. Aceeași organizare o are și fructul altui palmier, *Lodoicea* din Indiile orientale.

Pentru a fi diseminate cu ajutorul apei, fructele sau semințele trebuie să aibă o greutate specifică mai mică decît a apei și să prezinte un înveliș astfel alcătuit încît să reziste la o imersiune îndelungată. Pericarpul fructelor hidrohore este alcătuit din țesuturi lacunoase, aerifere care permit plutirea fructelor la suprafața apei. Este cazul fructelor de la *Sium angustifolium, Cicuta virosa, Carex* sp. ș.a. (fig. 397).

**Diseminarea zoohoră** (gr. *zoon* = animal; *horeo*-). Răspîndirea fructelor și a semințelor cu ajutorul animalelor este extrem de frecventă. Fructele zoohore sînt echipate cu prelungiri în formă de cîrlig sau cu diferite anexe cărnoase, pe care animalele le consumă. Fructele de la *Xanthium spinosum, Galium aparine, Daucus carota, Bidens tripartita, Telekia speciosa* ș.a. fiind echipate cu prelungiri epicarpice în formă de cîrlig sînt diseminate de oi, în lîna acestora, precum și de alte animale. Unele fructe cărnoase (bace, drupe ș.a.) sînt diseminate de către păsări (ornitohorie). Este de remarcat că trecînd prin tubul digestiv al acestor animale, semințele nu-și pierd facultatea germinativă. Este cazul bacelor de vîsc, cireș sălbatic, de mătrăgună, al polidrupelor de zmeură ș.a. (fig. 398). Printre animalele care inter-

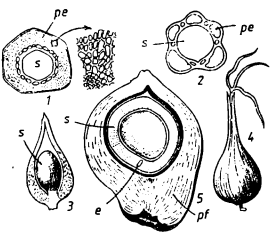



Fig. 397. Tipuri de fructe hidrohore:
*1 — Sium angustifolium; 2 — Cicuta virosa; 3 — Carex paradoxa; 4 — Carex vesicaria; 5 — Cocos nucifera: e* — embrion; *pe* — pericarp; *pf* — pericarp fibros; *s* — sămînță (d.I. Grințescu)

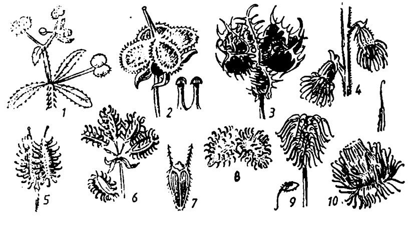



Fig. 398. Tipuri de fructe zoohore:
*1 — Galium aparine; 2 — Cynoglossum officinale; 3 — Ranunculus arvensis; 4 — Agrimonia eupatoria; 5 — Daucus carota; 6 — Orlaya grandiflora; 7 — Bidens tripartitus; 8 — Xanthium spinosum; 9 — Geum urbanum; 10 — Lappa major* (d. I. Grințescu).

vin în diseminarea semințelor sînt și insectele (entomohorie). Semințele de *Chelidonium majus*, *Viola* sp., și multe altele sînt răspîndite de furnici (mirmecohorie). Semințele acestor plante fiind carunculate sînt ușor apucate de furnici și duse în diferite locuri, inclusiv în crăpăturile zidurilor vechi (cazul plantei *Chelidonium majus* ș.a.).

În sfîrșit, omul este de asemenea un agent diseminator, care cu voie sau fără voie contribuie într-o largă măsură la răspîndirea semințelor. Este vorba în primul rînd de plantele de cultură: porumbul, cartoful, tutunul, pătlăgele roșii ș.a. naturalizate pentru valoarea lor economică. Apoi o mulțime de plante ornamentale, din păcate și o mulțime de buruieni dăunătoare culturilor.

De fapt transporturile terestre, maritime și chiar aeriene, contribuie la răspîndirea fructelor și a semințelor dintr-o țară în alta sau în interiorul țării respective.

**Diseminarea autohoră** (gr. *autos-*; *horeo-*). Dispozitivele de diseminare pe care le prezintă fructele autohore sînt numeroase și variate. La *Geranium pratense* dispozitivul de aruncare al semințelor se aseamănă cu mecanismul unei mașini balistice. Interesante exemple de fructe autohore întîlnim la *Viola* sp., *Ricinus communis*, *Vicia* sp., *Orobus* sp., *Crayana* ș.a. Deschizîndu-se, fructele acestor plante aruncă semințele la 1—2 m depărtare. Deosebit de interesantă din acest punct de vedere

este euforbiacea *Hura crepitans* care la maturitate expulsează semințele la mari distanțe. Mecanismul deschiderii acestor fructe este datorat tensiunilor provocate de uscăciune. În alte cazuri, deschiderea fructelor și aruncarea semințelor este datorată tensiunilor cauzate de turgescență. Așa este cazul la fructele de *Oxalis acetosella*, la care printr-o contracție bruscă a valvelor cărnoase ale fructului, semințele sînt aruncate la o anumită distanță față de plantă. Tot turgescenței se datorește dehiscența fructelor de *Impatiens noli-tangere*. La desfacerea valvelor acestui fruct, semințele desprinse de țesuturile placentare sînt aruncate pînă la 1 m depărtare.

În sfîrșit, tot din această categorie fac parte și fructele plesnitoarei (*Ecballium elaterium*); la maturitate fructul se desprinde brusc de codița lui, iar prin deschiderea produsă, țîșnesc țesuturile placentare împreună cu semințele și o cantitate de apă pe care le aruncă la distanțe de 2—3 m.

# Bibliografie selectivă


Abbayes H., Chadefaud M. et colab., *Botanique*. Masson et Cie edit. Paris, 1963.
Aleksandrov V. G., *Anatomia rastenii*. „Vîsșaia școla", Moscova, 1966.
Andrei M., *Anatomia plantelor*. Edit. Did. și Ped., București, 1978.
Audrei M., Anghel I., Popescu I., Stoica Emil, *Lucrări practice de Biologie vegetală*. Edit. Did. și Ped., București, 1981.
Bach D., Mascré M., Deysson G., *Cours de Botanique générale*. Edit. Sédes, Paris, 1967.
Bailey I. W., Tupper W., *Size variations in tracheary cells. I. A comparison between the secondary xylems of vascular cryptogams, gymnosperms and angiosperms*. Proc. Am. Acad. Arts. Sci., t. LIV, 1918.
Bailey I. W., *Evolution of the tracheary tissues of land plants*. Am. J. Bot., t. XL, 1953.
Barikina R. P., Kostrikova L. N., Kocemarova I. P., Lotova L. I., Tronkovskii D. A., Cisteakova O. N., *Praktikum po anatomii rastenii*. Izd. Univ. Moscova, 1971.
Bănărescu P., *Principiile și metodele zoologiei sistematice*. Edit. Acad. R.S.R., București, 1973.
Biebl R., Germ H., *Praktikum der Pflanzenanatomie*. Springer Verlag, Viena, 1950.
Bierhorst D. W., *Observation on tracheary elements*. Phytomorphology, t. X, 1960.
Bonnier G., Leclerc Du Sablon, *Cours de Botanique*. Libr. génér. de l'enseignement, Paris, 1905.
Botnariuc N., *Biologie generală*. Edit. Did. și Ped., București, 1974, 1979.
Boureau Ed., *Anatomie végétale* T. I. *L'appareil végétatif des phanerogames*. Presses universitaires de France, Paris, 1954.
Bugnon P., *Origine, évolution et valeur des concepts de protoxyléme et de métaxyléme*. Bull. Soc. Linn. de Normadie, t. VII, 8e sér., 1925.
Camefort H., Paniel J., *Morphologie et anatomie des végétaux vasculaires*. Edit. Doin et Cie, Paris, 1962.
Ceapoiu N., *Evoluția speciilor*. Edit. Acad. R.S.R., București, 1980.
Champagnat P., Ozenda P., Baillaud L., *Biologie végétale*, t. III. *Croissance, morphogénèse, reproduction*. In Précis de sciences biologiques. Masson et Cie, Paris, 1969.
Chauveaud G., *Sur le développment des tubes cribles chez les Angiospermes*. C. R. Acad. Sci. Paris, t. LXX, 1895.
Chauveaud G., *L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution*. Ann. des Sci. nat., Bot., 2e sér., t. XIII, 1911.
Cheadle V. I., *Independent origin of vessels in the Monocotyledons and Dicotyledons*. Phytomorphology, t. III, 1953.
Cheadle V. I., *Research on xylem and phloem-progress in fifty years*. Am. J. Bot., t. XLIII, 1956.
Chentsov Iu. S., *Obscțata fitologhia*. Izdatelstvo Moskovskovo Universiteta, Moscova, 1978.
Ciobanu I., *Morfologia plantelor*. Edit. Did. și Ped., București, 1971.
Crété P., *Précis de Botanique*. t. I. Masson et Cie, Paris, 1962.
Cristurean I., *Botanică sistematică. II. Cormophyta*. Univ. București, 1979.
Cupcea E., Ilieșu E., Boldor O., Brugovitzky E., Petrea V., Popovici N., Soare Fl., *Lucrări practice de fiziologia plantelor*. Edit. Did. și Ped., București, 1965.
Cutter G., *Plant anatomy. Experiment and interpretation* (Part 2. Organs). Edward Arnold., Londra, 1971.
Denffer D. von., *Zellenlehre* (Zytologie). In „Lehrbuch der Botanik für Hochschulen" (R. Harder, F. Firbas, W. Schumacher und D. von Denffer) 28-Aufl. VEB, Gustav Fischer Verlag, Jena, 1962.
Deysson G., *Elements d'anatomie des plantes vasculaires*. Edit. Sédes, Paris, 1965.
Druzhinin N. K., *Razvitie osnovnih idei staticeskoi naukii*. Statistika, Moscova, 1979.
Esau K., *Origin and development of primary vascular tissue in seed plants*. Bot. Rev, t. IX, 1943.
Esau K., *Primary vascular differentiation in plants*. Biol. Rev., t. XXIX, 1954.
Esau K., *Vascular differentiation in plants*. Holt. Rinehart and Winston, New York, 1965.
Esau K., *Anatomy and cytology of Vitis phloem*. Hilgardia, t. XXXVII, 1965.

Esau K., *Plant anatomy* (2nd. ed.). John Wiley, New York, 1965.
Esau K., *Anatomy of seed plants* (2nd. ed.). John Wiley, Londra, 1977.
Fahn A., *Plant anatomy*. Sec. Ed. Pergamon Press, Oxford, 1977.
Frey Wyssling A. and Mühlethaler K., *Ultrastructural Plant Cytology. With an introduction to Molecular Biology*, Elsevier Publishing Co., Amsterdam-Londra-New York, 1965.
Gheimeziu N. G., Suciu P. M., *Identificarea lemnului*. Edit. tchn., București, 1959.
Greguss P., *Bestimmung der mittel-europäischen Laubhölzer und Sträucher auf xylotomischer Grundlage*, Hung. Mus. of. Net. Hist. Hungaria, Budapesta, 1945.
Grințescu I., *Curs de botanică generală*. Edit. Univ. Cluj, 1928—1934.
Gustin R., Sloover J. de, *Recherches sur l'histiogénèse des tissus conducteur*. I. *Problèmes poses et données acquises*. La Cellule, t. LXIII, 1955.
Guttenberg H. VON, *Pflanzenanatomie*. Akademie Verlag, Berlin, 1966.
Haberlandt G., *Physiologische Pflanzenanatomie*. Engelmann Verlag, Leipzig, 1924.
Hartmann M., *Allegemeine Biologie*. 1-Aufl. Gusta Fischer Verlag, Stuttgart, 1933.
Hemenway A. F., *Studies on the phloem of the Dicotyledons*. II. *The evolution of the steve-tube*. Bot. Gaz., t. LV, 1913.
Hrjanovschi V. G., *Kurs obșcei botaniki*. „Vissaia skola", Moscova, 1976.
Ivan D., *Fitocenologia și vegetația R.S.R.*, Edit. Did. și Ped., București, 1979.
Jean M., *Essai sur l'anatomie comparée du liber interne dans quelques familles de Dicotylédones. Etude des plantiules*. Le Botaniste, t. XVII, 5—6, 1926.
Jucovschi P. M., *Botanica*. Edit. de stat pentru înter. șt., București, 1953.
Kaussmann B., *Pflanzenanatomie*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1963.
Kiseleva N. S., *Anatomia i morfologhia rastenii*. Izd. „Vissaia școla", Minsk, 1976.
Lecomte H., *Contribution á l'étude du liber des Angiospermes*. Ann. des Sci. nat., Bot., 7e sér., t. X., 1889.
Leger L. J., *Recherches sur l'origine et les transformations des éléments libériens*. Mém. Soc. Linn. de Normandie, t. XIX, 1897.
Lemesle R., *Les éléments du xylème dans les Angiospermes á caractéres primitifs*. Bull. Soc. Bot. de France, t. CIII, 1956.
Lemoigne Y., *Révision de la nomenclature relative aux tissus vasculaires chez les plantes actuelles et fossiles*. 92e Congrés des sociétés savantes, t. III, Strasbourg et Colmar, 1967.
Louis G., *L'ontogénèse du système conducteur de la posse feuillée des Dicotylédones et des Gymnospermes*. La Cellule, t. XLIV, 1935.
Metcalfe C. R., Chalk L., *Anatomy of the Dicotyledons*. t. I—II, Clarendon Press, Oxford, 1950.
Metcalfe C. R., *Anatomy of the Monocotyledons*. t. I. *Gramineae*. Clarendon Press, Oxford, 1960.
Metcalfe C. R., Chalk L., *Anatomy of the Dicotyledons* (2nd. cd.). t. I. Clarendon Press, Oxford, 1979.
Mitroiu N., *Tulipina, originea, structura și metamorfozele ei*. Natura, nr. 6, București, 1956.
Morariu I., *Botanică generală și sistematică cu noțiuni de geobotanică*. Ed. II-a. Edit. Agro-silvică, București, 1965.
Nougaréde A., *Précts de Cytologie végétale*. Masson et Cie. Paris, 1969.
Pashkov M. A., *Sravnitelnata fitolohita predstavitelet Schizophyta-stnezeleonth vodoroslet, bakteritt aktinomitetov*. În „Rukovodstvo po țitolohii" (L. N. Zhinkin i P. P. Rumyantsev) Izdatelstvo „Nauka", Moscova-Leningrad, 1965.
Păun M., Turenschi E., Iftenl L., Ciocîrlan V., Moldovan I., Grigore S., Pázmány D., Popescu Gh., *Botanica*. Edit. Did. și Ped., București, 1980.
Perrot E., *Le tissu criblé*. Libr. Lechevallier, Paris, 1899.
Pop E., *La centenarul „protoplasmei"* (1846—1946). Tip. „Cartea Românească". Cluj, 1947.
Pop I., Lungu L., Hodișan I., Cristurean I., Mititelu D., Mihai Gh., *Botanica sistematică*. Edit. Did. și Ped., București, 1983.
Popesco T. C., *Le role du tissu libérien dans le transport des substances organiques assimilées chez les plantes supérieures*. Thèse, Iași, 1921.
Rădulescu-Mitroiu N., *Embriologie vegetală*. București, 1974.
Răvăruț M., Turenschi E., *Botanica*. Edit. Did. și Ped., București, 1975.
Rech A., *Beiträge zur Cytologie des Phloems. Entwicklungsgeschichte der Siebrohrenglieder und Geleitzellen bei Vicia faba*. L. Planta, Ed. XLIV, 1954.
Rech A., *Beiträge zur Cytologie des Xylems*. Planta. Ed. XLV, 1955.
Roth I., *Fruits of Angiosperms*. Gebrüde Borntraeger. Berlin u. Stuttgart, 1977.
Săvulescu O., *Elemente de micologie*. Edit. Did. și Ped., București, 1964.
Schüepp O., *Meristeme*. Handbuch der Pflenzenanatomie. Bd. IV, Berlin, 1926.
Șerbănescu-Jitariu G., Toma C., *Morfologia și anatomia plantelor*. Edit. Did. și Ped., București, 1980.
Strasburger E., Noll F., Schenck H., Schimper A. F. W., *Lehrbuch der Botanik* (28. Aufl. neubearbeitet von Harder, P., Firbas F., Schumacher W., Denffer D.). VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1962.
Strasburger E., Noll F., Schenck H., Schimper A. F. W., *Lehrbuch der Botanik* (31. Aufl. neuearbeitet von Denffer D., Ehrendorfer F., Mägdefrau K., Ziegler H.) VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1978.

Stefureac Tr., *Evoluţia plantelor*. Edit. Did. şi Ped., Bucureşti, 1973.
Swanson C. P., Webster P. L., *The Cell*. 4-th ed., Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1977.
Tarnavschi I., Andrei M., *Carioktineza în lumina noilor cercetări*. Natura, nr. 3/1969.
Tarnavschi I., Şerbănescu-Jitariu G., Mitroiu-Rădulescu N., Rădulescu D, *Practicum de Morfologie şi anatomie vegetală*. Ediţia II-a. Revizuită şi completată de Şerbănescu-Jitariu G. şi Mitroiu-Rădulescu N., Univ., Bucureşti, 1981.
Teodoreanu E., *Lucrări practice de Morfologie şi anatomie vegetală*. Univ. Babeş-Bolyai. Cluj-Napoca, 1978.
Toma C., *Anatomia plantelor* (litogr.). t. I. *Histologia*, Univ. Iaşi, 1975.
Toma C., *Anatomia plantelor* (litogr.). t. II. *Structura organelor vegetative şi de reproducere*. Univ. Iaşi, 1977.
Troll W., *Allgemeine Botanik*. Fr. Enke Verlag, Stuttgart, 1959.
Tutaiuk V. H., *Anatomia i Morfologia rastenii*. Izd. „Vissaia şkola", Moscova, 1980.
Váczy C., *Dicţionar botanic poliglot*. Edit. şt. şi encicl., Bucureşti, 1980.
Zarnea G., *Tratat de Microbiologie*, Vol. I, II., Edit. Acad. R.S.R., 1983, 1984.
Zimmermann W., *Die Phylogenie der Pflanzen*. Gustav Fischer Verl. Stuttgart, 1959.
* * * *Flora R.P.R. (R.S.R.)*, Vol. I—XIII. Edit. Acad. R.S.R., Bucureşti, 1952—1976.

# Indice de termeni


Achena, 428
Achinet, 295
Acropetal, 229, 230, 259
Actinostel, 112, 200
Agregate celulare, 50
Alburn, 102, 222
Altoire, 276
Amfigonie, 297
Amflmixie, 298
Amfiteciu, 316
Amiloplaste, 27
Anafază, 39
Androceu, 372
— diadelf, 374
— dialistemon, 374
— gamestemon, 374
— monadelf, 374
— poliadelf, 374
— triadelf, 374
Androgamet, 297, 298, 300
Androgametocist, 298
Androgametocit, 298
Anemohore, 448
Anizofilie, 250
Anizogamie, 300, 306
Annulus, 289
— inferus, 289
— superus, 289
Ansă, 285
Anteră, 374
— bazifixă, 374
Anteră biloculară, 374
— dorsifixă, 374
— extrorsă, 374
— introrsă, 374
— oscilantă, 374
— tetraloculară, 374
— uniloculară, 374
Anteridie, 278, 298, 311
Anteridiofor, 313
Anterozoid, 278, 297
Antidromie, 246
Antipodă, 391
Antistomium, 324
Anvelopă nucleară, 36
Aparat Golgi, 19, 32
Aparat stomatic, 84
— aperigen, 84
— biperigen, 84
— hexaperigen, 84
— multiperigen, 84
— tetraperigen, 84
Aplanogamet, 297
Aplanoizogamet, 299
Aplanospor, 299
Apofiză, 313
Apotecie, 284
Arca, 335
Arhegon, 278, 322
Arhegoniofor, 313
Arhespor, 315
Aril, 434, 435
Ariloid, 434
Artrostel, 112
Ască, 281
Ascidie, 255
Ascofruct, 282, 283
Ascogamie, 281
Ascogon, 281
Ascospor, 272, 281
Astelie, 201
Astrosclereidă, 125
Atactostel, 112, 201
Autobazidie, 286
Autohore, 448, 450
Autopolenizarea, 395
Autospor, 295, 304
Auxospor, 296, 304
Auxozigot, 296, 304
Axă floralâ, 358, 361
Azigocist, 297

Bacă, 432
Baza frunzei, 226, 234
Bazidie, 285, 288
Bazidiofruct, 287
Bazidiospor, 272, 284
Bazipetal, 229, 230
Blefaroplast, 326
Bostrix, 354, 355, 357
Botriocimă, 357
Bractee, 176, 233, 360
Bracteolă, 356, 360
Brahiblast, 181, 337




Digitized by 2019

Brahisclereidă, 125
Briospor, 294
Bulb, 192, 274
— de înlocuire, 193
— tunicat, 193
Bulbile, 189, 274
— subterane, 194
Bulbişor, 193
Bulbo-tuber, 198
Bulb scvamos, 194
Butaşi, 276
Butăşire, 153, 276

Calamus, 183
Calatidiu (antodiu), 353
— compus, 357
Caliciu, 359, 367
— acrescent, 420
— actinomorf, 368
— caduc, 369
— dialisepal, 368
— foliaceu, 368
— gamosepal, 368
— persistent, 369
— petaloid, 368
— zigomorf, 368
Caliptară, 93, 315
Caliptrogen, 93, 161, 167
Calotă, 168, 390
Calus, 177
Cambiu, 37, 216
— fascicular, 216
— interfascicular, 216
— intrafascicular, 65
— secundar, 65
— suberofelodermic, 65, 171
— vascular, 65—68, 99, 170
Cameră polinică, 341, 342
— substomatică, 79
Canal secretor, 138
Capilițiu, 296
Capitul, 353, 357
Capsulă, 426, 432
— ruptilă, 427
Cariochineză, 38
Cariogamie, 282, 298, 400
Cariolimfă, 38
Cariopsă, 428, 445
Carpelă, 340
Carpogeneză, 414
Carpogon, 292
Carpospor, 292, 293, 409
Carposporocist, 409
Carunculă, 434
Catafilă, 176, 232
Caulis, 174, 183
Cauloid, 174
Cavitate secretoare, 138
Cecidii histoide, 181
— organoide, 181
Celoblast, 17, 18
Celulă acviferă, 75
— anexă, 105
— ascogenă, 282
— asimilatoare, 116
— auxiliară, 293
— buliformă, 74
— capac, 314, 317
— dislocatoare, 339, 350
— epibazală, 327
— generativă, 339, 346
— hipobazală, 327
— inițială, 59—62
— macrosporogenă, 390
— microsporogenă, 379
— de pasaj, 91, 92, 161, 164
— parenchimatică, 18
— protaliană, 326, 339, 346
— prozenchimatică, 18
— secretoare izolată, 137
— spermatogenă, 326, 335, 339, 350
— sporogenă, 379
— stil, 294
— vegetativă, 380, 381
— ventrală, 314, 326, 380, 381
— veziculoasă, 75
Cenantiu, 355
Cenobiu, 50
Cenogamet, 306
Centromer, 39
Centroplasmă, 17
Centroxilă, 202
Chiazmă, 42
Chiastobazidie, 285
Chinetohor, 39
Ciatiu, 357
Ciclu celular, 40
— evolutiv, 405
— digenetic, 405, 406
— diplohaplofazic, 405
— monogenetic, 405, 407
— diplofazic, 405
— haplofazic, 405
— trigenetic haplodiplofazic, 409
Cil, 19
Cimobotriu, 357
Cincin, 355, 357
Cistidă, 288
Cistolit, 71
Citochineză, 39
Citoplasmă, 20
Circel, 253
Cladodiu, 187, 227
Clamidospor, 291
Clorocită, 257
Cloroplast, 17, 20, 24
Colenchim, 121—123
— angular, 122
— lacunar, 123
— tabular, 123
Coleoptilă, 446
Coleoriză, 446
Colet, 212, 447
Coleteră, 87
Colonie celulară, 51
Colp, 380
Columelă, 316
— capsulară, 320
Conceptacul, 302
Conduplicat, 231



Digitized by Google

Conectiv, 373, 374
Conidie, 280
Conidiofor, 280
Coremie, 281
Corimb, 353
— compus, 357
Corolă, 370
— actinomorfă, 370
— campanulată, 371
— dialipetală, 370
— gamopetală, 371
— hipocrateriformă, 371
— infundibuliformă, 371
— tubuloasă, 371
— urceolată, 371
— zigomorfă, 371
Coronulă, 311
Corp bazal, 35
— embrionar, 402
Corpus, 63, 228
Corpuscul, 343
Cortex, 52, 161
Cortină, 289
Cotiledoane, 232, 439
— acombante, 439
— epigee, 232
— hipogee, 232
— incombante, 439
Cremocarp, 430
Crioclivaj, 22
Criodecapaj, 22
Criptă stomatiferă, 77
Cristă, 30
Cromatidă, 39
Cromatină, 38
Cromomeră, 36
Cromoplast, 24, 28
Cromozom, 27
— bivalent, 42
Cuantozom, 27
Culm, 183
Cupulă, 337
Cuticulă, 70, 72
Cutină, 72
Cutis, 52, 161
Cvadrant, 320, 402

Dehiscență, 420
— loculicidă, 420
— poricidă, 376
— septicidă, 420
— septifragă, 420
— valvicidă, 377, 420
Dermatogen, 63, 161, 167
Diachineză, 42
Diagrame și formule florale, 365, 366
Dibotrii, 357
Dicariofază, 282
Dicarion, 284, 298
Dictiostel, 112, 201
Dictiozom, 20
Dihaziu, 354, 355, 357
Dihogamie, 395
Dihotomie, 149, 179
Diplobiont, 404
Diploid, 404
Diploten, 42
Disamară, 428
Disc nectarifer, 136
Divergență foliară, 245
Diviziune celulară, 37, 42
Drajon, 159, 279
Drajonare, 159
Drepaniu, 354
Drupă, 429, 432
Duramen, 102, 222

Ecidie, 291
Ecidiospor, 291
Ectodesme, 71
Efebocist, 297
Elaioplast, 27
Elateră, 296, 315, 330
Embriogeneză, 401, 414
Embrion, 324, 433, 445
Emergență, 91
— secretoare, 135
Enații, 227
Endocarp, 417, 421, 445
Endoconidie, 280
Endodermă, 91, 161, 164, 204
Endoperidie, 289
Endoscopic, 324, 333, 349
Endosperm, 440, 442
— amidonos, 443
— celular, 440, 441
— cornos, 442
— gelatinos, 442, 443
— intermediar, 441
— nuclear, 440
— oleaginos, 442
— primar, 341, 342, 346
— secundar, 346, 387, 433
Endospermatogeneză, 440
Endospor, 291, 294
Endostom, 320
Endoteciu, 316, 320, 377
Energidă, 17
Epiblast, 439
Epicarp, 417, 445
Epicotil, 175
Epidermă, 70, 204
— asimilatoare, 117
— cotiledonară, 114
Epifragmă, 320
Epigină, 375
Epiplasmă, 325
Espispor, 291, 328
Epistomatică, 76
Epitem, 84
Ergastice, 56
Estivație, 231
Eucariote, 15, 21
Eucromatină, 36
Eudihotomie, 179
Eumeristem, 59
Eustel, 200
Exină, 338, 380
Exocarp, 417
Exoconidie, 280

Exoderm , 91, 161
Exoperidie, 289
Exoscopic, 330
Exospor, 294, 329
Exostom, 320
Exoteciu, 377

Fasciculconducător, 199
— bicolateral, 111
— colateral, 110, 200
  — deschis, 111
  — închis, 111, 200, 207
— concentric, 110, 199
— hadrocentric, 111, 199
— leptocentric, 199
Față abaxială, 234, 256
— adaxială, 234, 256
Felem, 94
Feloderm, 68, 93, 223
Felogen, 65, 68, 93, 171, 223
Feloid, 68, 223
Fibre, 127—131
— corticale, 128
— extraxilematice, 128, 129
— floemice, 128
— lemnoase, 104
— liberiene, 208
— libriforme, 128, 129
— periciclice, 128, 208
— perivasculare, 128
— septate, 104
— tehnice, 131
— traheidale, 104, 128, 129
— xilematice, 128, 129
Fibrilă elementară, 37
Filament ooblastemic, 294
Filocladiu, 187, 228
Filodiu, 188, 254
Filogen, 229, 249
Filoid, 174
Filotaxie, 245
Fitoglife, 262
Floarea, 351
Flori aclamide, 359
— actinomorfe, 364
— asimetrice, 364
— brahistile, 382, 396
— ciclice, 361
— cleistogame, 395
— diciclice, 361
— dimere, 361
— dioice, 360, 394
— diplostemone, 362
— efemere, 393
— haplostemone, 362
— hemiciclice, 361
— hermafrodite, 360, 393
— hexaciclice, 361
— longistile, 382, 396
— monoclamide, 359
— monoice, 360
— monosimetrice, 364
— obdiplostemone, 362
— pentaciclice, 361
— poligame, 360
— polimere, 361
— spirociclice, 361
— tetraciclice, 361
— triciclice, 361
— trimere, 361
— trioice, 360
— triplostemone, 362
— unisexuate, 394
Foliație, 231
— amplexă, 232
— apertă, 231
— contortă, 231
— imbricată, 231
— obvolută, 232
— valvată, 231
Folicul, 418, 424
Fovea, 336
Fragmobazidie, 286
Fragmochiastobazidie, 287
Fragmoplast, 42, 44
Fragmostihobarzidie, 287
Floem, 99
Floiotermă, 92
Frondă, 234
Fruct, 414
— apocarpic, 416, 423
— apocarpoid, 423, 424, 430
  — anoschizocarpic, 423
  — euschizocarpic, 423
— brahisincarp, 423
— cărnos, 416
— cenantocarpic, 423, 424, 432
— cenocarpic, 416, 423
— dehiscent, 417
— eusincarp, 423, 424
— fals, 424
— indehiscent, 417
— metacarpic, 423, 424
— monantocarpic, 416, 423
— monocarpic, 416, 423
— multiplu, 416, 423
— policarpic, 416, 423, 424, 427, 430
— pseudosincarpic, 431
— simplu, 415, 423
— uscat, 416, 427
Fructificații, 283
— discocarpă, 284
— gimnocarpă, 288
— pirenocarpă, 284
Fragmostihobazidie, 287
Frunze, 256
— afotometrice, 256
— amfistomatice, 76
— bifaciale, 260, 261
— compuse, 242
— decusate, 248
— ecvifaciale, 256, 261
— epistomatice, 76
— eufotometrice, 256
— heterofaciale, 256
— hipostomatice, 76
— holociclice, 245
— metamorfozate, 252
— monociclice, 245
— panfotometrice, 256
— pleiociclice, 245
Funicul, 387, 389



Digitized by Arhiva 2019

Gamecist, 297
Gameți, 297
— efebogenetici, 272
— partenogenetici, 272
Gametangiogamie, 281
Gametocist, 278, 281, 297, 298
Gametocit, 297
Gametofit, 405
Gemulă, 175, 445
Geofite, 153
Germeni, 271
— asexuați, 271
— sexuați, 272
Germinație epigee, 448
— hipogee, 448
Ginandrofor, 358
Gineceu, 381
— apocarp, 384, 385
— ensincarp, 385
— inferior, 386
— lizicarp, 384
— paracarp, 385
— sincarp, 384, 385
— superior, 386
Ginofor, 358
Ginogamet, 297, 298, 300
Ginogametocist, 298
Ginostegium, 375
Glandă salină, 133
Glebă, 289
Glioxizom, 34
Glohidie, 329
Glomerul, 355
Glomerulă, 432
Glossopodium, 336
Glume, 428
Gonidie, 271, 280
Gonimoblaste, 410
Gonospor, 322
Gonotoconți, 272
Grana, 26

Habitus, 181
Hadrom, 99
Halază, 387
Halazogamie, 399
Halofil, 133
Haplobiont, 404
Haploid, 404
Haplostel, 200
Haptere, 330
Haustor, 159, 315, 328
— endospermal, 441
Hesperidă, 429
Heterecie, 299, 308
Heterocist, 273, 296
Heterocromatină, 36
Heterofilie, 251
Heterogametangiogamie, 281
Heterogamet, 297
Heteromerie, 361
Heterorizie, 153
Heterostilie, 373
Heteroxil, 101
Hialocite, 257
Hialoplasmă, 20
Hibernacul, 194, 275
Hidatodă, 84, 133
Hidrocite, 257
Hidrofite, 194
Hidrohore, 448
Hidropote, 85
Hife, 51
— ascogene, 282
Hil, 387
Himeniderm, 52
Himeniu, 284, 287, 288
Hipantiu, 358
Hipnospor, 295
Hipocotil, 175, 349, 403, 445
Hipoderma, 75
Hipogină, 375
Hipsofilă, 233, 338
Histogeneză, 52, 229
Holobazidie, 286
Hologamet, 297, 298
Homodromie, 246
Homostilie, 373
Homotalie, 285
Homoxile, 101
Hormogon, 273, 296

Idioblaste, 264
Indusie, 324
Inel anual, 221
Inflorescențe, 352
— compuse, 355
— compuse anormale, 357
— — heterotactice, 355
— — homotactice, 355
— monopodiale, 353
— simple, 355
— simpodiale, 352, 353
Infructescențe, 424
Integument, 343, 387
— extern, 387
— intern, 387
Interfază, 38
Interkineză, 38, 42
Internod, 176
Intină, 380
Intususcepțiune, 44
Involucel, 233, 357
Involucru, 233, 353, 357
Ipoteza cladodificării, 227
Ipoteza enațiunii, 227
Izogamet, 297
Izogamie, 298, 304
Inveliș floral, 358, 359
— nectarifer, 136

Labium, 336
Lamelă mijlocie, 53
Lamină, 234, 235
Latex, 141
Laticifer, 139—142
Lenticelă, 97
Leptom, 105
Leptoten, 41
Leucoplast, 24, 27

Liber, 105
— interxilar, 219
— perimedular, 174, 209
— secundar, 218
Ligulă, 244, 268, 331
Litocist, 71, 75
Lizigenă, 52
Lizozom, 19, 34
Lomasom, 80
Lomentă, 426

Macroblast, 181
Macrocist, 275
Macrofilă, 227
Macrosclereidă, 125
Macrospor, 272, 294
Macrosporofilă, 338
Macrosporange, 338
Macrozoospor, 278
Mangrovă, 155
Manubriu, 310
Marcotaj, 153, 276
Marcotă, 276
Masule, 329
Matrice, 25, 29
Meat, 52
Meiospor, 277
Meioză, 40
Membrană nucleară, 19, 20
— plasmatică, 19, 20—24
Meristem, 56, 402
— axial, 58
— fundamental, 64, 161, 214, 402
— intercalar, 64
— nasiv, 58
— primar, 62, 63
— primordial, 59, 60
— secundar, 65
Meristemoid, 69
Merogamet, 297, 298
Metafază, 39
Metafile, 233
Metafloem, 162, 105, 165
Metamorfoze florale, 391
Metaxilem, 99, 162, 165, 206
Mezocarp, 417, 421, 445
Mezofil, 261, 381
Mezofite, 71
Mezogen, 152
Micoplasmă, 15
Micoriză, 157
— ectotrofă, 157
— endotrofă, 157
Microblast, 259, 274
Microcorp, 20, 34
Microfibrilă, 44
Microfilament, 34
Microfilă, 227
Micropil, 332, 340
Microspor, 272, 294
Microsporofilă, 338
Microsporange, 338
Microtubul, 34
Microzom, 34
Microzoospor, 278

Mitocondrie, 17, 20, 28—31
Mitospor, 277, 405
Mitoză, 38
Mixamoebă, 296
Mixomonadă, 296
Mixospor, 296
Monogonie, 272
Monohaziu, 354, 355
Monopodial, 352
Monosamasă, 428
Monospor, 292
Monostelie, 200, 201
Morfogeneză, 229
Mozaic foliar, 250
Muguraș, 447
Muguri, 176
— adormiți, 177
— adventivi, 176
— axilari, 176
— florali, 177
— foliari, 177
— suplimentari, 176
— terminali, 176

Nectarii, 135
— extraflorale, 137
— florale, 136
— trihomice, 137
Nervațiune, 238
— acrodromă, 240
— actinodromă, 240
— brochidodromă, 239
— camptodromă, 239
— cladodromă, 240
— craspedodromă, 239
— eucamptodromă, 239
— palinactinodromă, 239
— reticulodromă, 239
Nod, 176
Nodozități, 156
Nomofilă, 233
Nucă, 429, 432
Nucelă, 343, 346, 387
Nucleoid, 15
Nucleol, 20, 37
Nucleu, 19, 35
Nucleoplasmă, 17
Nuculă, 429

Ocellum, 278
Ochree, 244, 268
Octant, 402
Oligomer, 362
Oocist, 298
Oogamie, 300, 301
Oogon, 302
Oosferă, 297, 327, 387
Oospor, 298
Opercul, 320
Ortostih, 149, 169, 215
Ortotrop, 246
Osmofore, 132
Osteosclereidă, 125, 436
Ostiolă, 78
Ovar, 385



GeoAdunia 2019

— bilocular, 385
— nectarifer, 136
— plurilocular, 385
— tetralocular, 385
— trilocular, 385
— unilocular, 385
Ovul, 387
— anatrop, 388
— — apotrop, 390
— — epitrop, 390
— — pleurotrop, 390
— campilotrop, 388
— ortotrop, 343, 388
Oxizom, 30

Pachiten, 42
Palee, 428
Palisadoderm, 52
Palmelospor, 295
Panicul, 356
Papilă, 87
— secretoare, 132
Papus, 367
Paracromatofor, 17
Paradermă, 52
Parafiză, 284, 302, 317
Paraplchtenchim, 51
Parastih, 248
Parenchim, 113
— de absorbţie, 114
— acvifer, 119
— aerifer, 119
— asimilator, 115
— clorofilian lacunos, 117
— palisadic, 115
— de depozitare, 118
— de dilatare, 221
— lemnos, 103, 218
— — metatraheal, 218
— — paratraheal, 218
— liberian, 108
Păstaie, 424
— ruptilă, 425
Pelorie, 365
Peltat, 230, 241
Pereţi anticlinali, 59
— periclinali, 59
Perete secundar, 44
— terţiar, 45
Peri, 86
— absorbanţi, 88
— efemeri, 90
— masivi, 89
— scvamoşi, 89
— secretori, 89, 133
— solzoşi, 89
— tectori simpli, 87
— — pluricelulari, 89
— — unicelulari, 87
— uniseriali, 89
— viloşi, 89
Periant, 358
Periblem, 63, 161, 167
Pericarp, 417, 430
Pericheţiu, 313, 316
Periciclu, 162, 166

Peridermă, 68, 69, 171, 223
Peridie, 284, 291, 296
Perigină, 375
Perigon, 359
— petaloid, 359
Perinium, 294
Perisperm, 443, 444
Perispor, 294
Peristom, 319, 320
Perixilă, 202
Perizon, 296
Peroxizom, 34
Peţiol, 226, 265, 266
Picnidie, 289
Picnospor, 289
Piloriză, 93, 167
Pinocitoză, 46
Pixidă, 417, 427
Placă bazală, 348
— celulară, 44
— ciuruită, 106
— perforată, 100
Placentă, 328, 381
Placentaţie, 381, 389
— axilară, 389
— centrală, 389
Plagiotrop, 249
Planogamet, 297, 298
Planoizogamet, 297, 298
Planoizomerogamet, 299
Plante afile, 235
— amfibii, 194
— anemofile, 396
— carnivore, 254
— diplocaule, 178
— efemere, 197
— entomofile, 397
— mirmecofile, 254
— monocarpice, 196
— monocaule, 178
— ornitofile, 397
— plurienale, 197
— policarpice, 197
— triplocaule, 178
Plasmalemă, 17, 20, 22—24
Plasmodesmă, 44, 81
Plasmodiu, 17, 296
Plasmogamie, 282, 298, 400
Plasmotomie, 17, 39
Plastidă, 24
Plastoglobul, 27
Plastohron, 229
Plectostel, 112, 200
Plehtenchim, 51, 285, 287
Pleiohazlu, 355
Pleiomer, 362
Plerom, 63, 161, 167
Polenizare, 395
— artificială, 398
— directă, 394
— indirectă, 395
Plumulă, 175
Pneumatofor, 156
Poli floemici, 99
— de lignificare, 99
Policotilie, 439

**Poliembrionie, 348**
— monozigotică, 348
— polizigotică, 348
Polienergidă, 17
Polinie, 380
Poliribozom, 31
Polistelie, 202, 224
Politomie, 180
Polizom, 31
Porogamie, 394, 399
Prefloraţie, 362
— alternă, 362
— circinată, 362, 363
— cochleară, 362, 363
— contortă, 231, 232
— imbricată, 231, 232
— valvată, 231, 232
Prefoliaţie, 231, 234
Primordiu foliar, 228
Proeambiu, 64, 99, 214, 402
Procariotă, 15, 16
Proembrion, 347
Profază, 38, 41
Promeristem, 59
Propagulă, 273, 296
Proplastidă, 27, 28
Prostrat, 186
Protal, 322, 339, 411
Protandră, 395
Proteinoplaste, 27
Protocorm, 333
Protodermă, 64, 71, 402
Protofilă, 233
Protofloem, 99, 105, 162, 165
Protogine, 395
Protonemă, 294, 316, 411
Protoplasmă, 15, 17, 20
Protoplast, 20
Protostel, 112, 200
— stelat, 200
Protoxilem, 99, 162, 165, 206
Pseudofibre, 105
Pseudoparenchim, 51
Pseudoperiant, 313
Pseudopodiu, 321
Pteridospor, 294, 322
Prozoplehtenchim, 51
Punctuaţii, 101
— areolate, 101, 217
— scalariforme, 217

Racem, 161, 180, 352
— compus, 356
— pseudo-dihotomic, 180
Radicelă, 149, 169
Radiculă, 349, 403, 446
Rafă, 434
Ramificaţii, 179
— anormale, 181
— cimoase, 180
— compuse, 181
— dihotomice, 179
— monopodiale, 149
— racemoase, 180
— pseudo-dihotomice, 180
Ramuri proventive, 178
Rază medulară, 104, 219
Receptacul, 358
Reticul endoplasmatic, 20, 32
— periferic, 27
Rexigenă, 52
Ribozom, 17, 31
Ripidiu, 354
Ritidom, 96, 171
Rizodermă, 70, 114, 146, 161, 216
Rizofile, 254
Rizoid, 17
Rizom, 189, 190
Rizomitră, 145
Rizomorfe, 275, 286
Rodospor, 292

Sac embrionar, 338, 401
— polinic, 339
— sporifer, 320—322
Samară, 428
Sămînţă, 433
— albuminată, 445
— exalbuminată, 446
Scap, 183
Schizogenă, 52
Schizo-lizigen, 53, 78
Sclereide, 121, 124
— filiforme, 121
Sclerenchim, 121
— fibros, 124, 127
— scleros, 124
Sclerot, 275, 283, 286
Scufie, 145
Scutelum, 439, 445
Seminogeneză, 414
Sepală, 367
Septum, 389
Setă, 319
Sferozom, 17, 34
Siconă, 432
Sifonostel, 112, 200
— amfifloic, 112, 201
— ectofloic, 112, 210
Siliculă, 426
Silicvă, 418, 426
Simbioză, 156
Sinangiu, 324
Sinanterie, 375
Sinapsă, 42
Sincarion, 298
Simplasmă, 44
Sinecic, 305, 308
Sinergidă, 387, 391
Sinzoospor, 278
Sor, 292
Soredie, 273
Soroză, 432
Spadix, 353
Spată, 353
Spaţiu intercelular, 52
— perinuclear, 36
— secretor, 138
Sermpatocist, 292
Spermatozoid, 297
Spic, 353
— compus, 355

Spiculeţ, 356
Spirală generatoare, 246
Sporange, 277
Sporangiofor, 280
Sporangiospor, 280
Spor, 271, 277
Sporidie, 284
Sporocarp, 293, 328
Sporocist, 277
Sporodermă, 380
Sporofilă, 234
Sporofit, 405
Sporogon, 319—321
Stamine, 372—373
— didiname, 373
— epipetale, 362
— episepale, 362
— tetradiname, 373
Staminodiu, 376
Stel, 111, 162
Stereom, 166, 211
Sterigmă, 281, 286
Stigmă, 278, 280
Stigmat, 383
— bifid, 383
— filiform, 383
— floriceu, 383
— globoid, 383
— multifid, 383
— stelat, 383
— trifid, 383
Stilobazidie, 286
Stil, 325, 382
— ginobazic, 382
— nectarifer, 136
— terminal, 382
Stipelă, 235, 243, 268
Stipul, 183
Stolon, 191, 275
— subteran, 191
Stomată, 76
Stomate acvifere, 84
— haplocheilice, 83
— amficiclice, 83
— monociclice, 83
— sindetocheilice, 83
— tip amarilidaceu, 81
— tip anizocitic, 83
— tip anomocitic, 83
— tip diacitic, 84
— tip gimnospermic, 82
— tip graminaceu, 81
— tip paracitic, 84
— tip pteridofitic, 82
Stomatogeneză, 77, 78
Stomium, 324
Strat aleuronal, 445
Strofiolă, 435
Stromă, 25
Suber, 68, 93—96
Subfibrile, 37
Submers, 194
Suc celular, 46
Suspensor, 333, 402

Talidii, 275
Talomeristem 60
Tapet, 325, 332
Teacă amiliferă, 92
Teacă clorofiliană, 117
Tecă, 377
Tegmen, 434, 446
Tegument seminal, 433
Teleutospor, 291
Telofază, 39
Telom, 227, 228, 322
Tepală, 359
Testă, 349, 434, 446
Tetrachenă, 425
Tetracit, 404
Tetradă, 380
Tetranuculă, 431
Tetraspor, 280, 292
Tetrasporocist, 280, 292
Tilacoide, 25—27
Tilă, 102
Tirsă, 357
Tocospor, 272
Tonoplast, 20, 46
Trabeculă, 336
Trahee, 100, 101, 102
Traheidă, 100, 101
Trihocită, 86
Trihoderm, 52
Trhiofor, 293
Trihogamie, 410
Trihogin, 281, 293
Trihosclereide, 126
Trofofilă, 234
Tub polinic, 399
Tubercul, 189, 191, 274
Tuberul, 189, 274
Tub ciuruit, 105, 206
Tulpină, 174
— acvatică, 194
— agăţătoare, 184
— articulată, 183
— geniculată, 184
juncoidă, 188
— monostelică, 200
— nearticulată, 183
— ortotropă, 183
plagiotropă, 183, 186
— redusă, 195
— tuberizată, 188
— urcătoare, 184
— virgată, 188
— volubilă, 186
Tulpiniţă, 349
Tunica, 63, 70, 228
Turion, 272, 275
Tesut, 52
— diafragmatic, 120
— lemnos, 98
— liberian, 98

Ţesut secretor, 131
— extern, 132
— intern, 137
— stigmatoid, 382
— tranzitoriu, 258
— de umplere, 97

Umbelă, 353
— compusă, 357
Umbelulă, 357
Uredospor, 291

Vacuolă, 19, 46
Vacuom, 46
Vagină, 235, 242, 267
Vaginulă, 319
Valvae, 310
Vase lemnoase, 100
— liberiene, 105—107
Velamen radicum, 76, 155
Velum, 288
Velum parțiale, 288
— universale, 289
Vernație, 230, 231
— circinată, 231
— conduplicată, 231
— convolută, 231
— involută, 231
— plană, 231
— plicată, 231
— revolută, 231
— scorpioidă, 231
Vîrf vegetativ, 176, 195
Volvă, 288

Xerofit, 71
Xeromorf, 258
Xilem, 99

Zeugit, 285, 298
Zigocist, 298
Zigomorfie, 168
Zigospor, 298, 306
Zigot, 387
— accesoriu, 400
— primar, 400
Zigoten, 298
Zonă generatoare, 65, 68, 223
— libero-lemnoasă, 170, 216
— peridermică, 65, 68, 223
— subero-felodermică, 65, 68, 216
Zooglee, 50
Zoogonidie, 278, 296
Zoohor, 448
Zoospor, 277, 278
Zoosporocist, 278, 279

## Indice de denumiri științifice

Abies, 197
— alba, 83, 245, 258
— balsamea, 347
— pectinata, 163, 181, 239
Abutilon striatum, 135
Asacia, 69, 82, 167, 435
— heterophylla, 254
— melanoxylon, 188, 241
Acanthorrhiza, 159
Acer, 67, 69, 103
— campestre, 94
— platanoides, 428
— pseudoplatanus, 176, 233, 251
— striatum, 70
Acetabularia, 19
Achillea, 357
— fragrantissima, 68
Aconitum, 135, 370
Acorus, 162, 190
— calamus, 92
Adansonia digitata, 198
Adonis, 361
Aesculus, 69, 94, 96, 242
— hippocastanum, 90, 91, 145, 267, 417
Agave, 73, 119, 131
— americana, 183, 197, 271
Agropyron pectiniforme, 74
— repens, 191
Agrostis vulgaris, 244
Ailanthus, 98, 230, 245
Ajuga reptans, 275
Albugo, 306
Alchemilla, 381
Aldrovanda, 160, 254
— vesiculosa, 254, 255
Alisma plantago-aquatica, 119, 194
Allium, 140, 142, 148, 228
— cepa 57, 140, 152, 193, 274
— montanum, 262
— odorum, 262
— porrum, 262
— rotundum, 372
— sativum, 167, 193
— ursinum, 353
Allomyces, 300
— javanicus, 302
Alnus, 98, 129
Aloe, 119, 198, 225
— picatilis, 229
— saponarie, 35
Alopecurus geniculatus, 184
Alsophila, 82, 155
Althaea, 86, 88, 123, 361, 431
Alyssum, 87, 373
— borzaeanum, 262
Amanita muscaria, 289
Amarantus, 199
— retroflexus, 235
Amygdalus nana, 393, 426
Anabasis, 68, 83, 98
Anacardium occidentale, 420
Anagallis arvensis, 180, 368, 369, 417, 427
Ananas sativa, 432
Anastatica hierochuntica, 449
Anchusa ochroleuca, 238
Andropogon, 130
— ischaemum, 244
Anemone, 116, 190, 233, 439
— hepatica, 238
— nemorosa, 77

Aneura, 61
Angelica sylvestris, 238
Angraecum subulatum, 155
Antirrhinum majus, 371, 372, 373, 417, 427
Antithamnion plumula, 410
Anthoxanthum odoratum, 356, 393
Anthriscus cerefolium, 238
Apium graveolens, 197, 430
Aquilegia, 135, 389, 420
Arachis hypogaea, 65, 426
Aralia, 159
Araucaria, 197
Arbutus, 68
Arctium lappa, 371
Arctostaphylos, 377
Argemone, 141
Aristolochia, 65, 68, 122, 129, 130, 216
Aristolochia macrophyla, 186
— sipho, 209, 205
Armeria, 250
Armillaria melea, 275, 285
Armoracia rusticana, 159
Arnica montana, 384
Artemisia, 68, 86, 117
— absinthium, 137
— tridentata, 260
Arthrostigma, 227
Arum maculatum, 153, 353, 400
Arundo donax, 119
Asarum europacum, 235, 226, 245
Asclepias, 123, 136, 140, 141, 380
Asparagus, 113, 366, 367
— sprengeri, 73
Asperula, 70, 268
— odorata, 151, 248
Asphodelus, 163, 435
Aspidistra, 211
Asplenium, 235
— bulbiferum, 275
— ruta-muraria, 116
— viviparum, 275
Aster tripolium, 261
Asterocalamites, 227
Asteroxylon, 112, 200, 207
Astragalus tragacantha, 151, 152
— variegatus, 261
Astrantia major, 7, 357
Athyrium, 235
Atriplex, 117, 133, 444
— hortensis, 95
— patula, 235,
— portulacoides, 87, 90, 117
Atropa, 163, 263, 363
— belladonna, 123, 369, 429
Avena, 76
— pubescens, 393
— sativa, 80, 197, 439
Avicennia, 133
Azolla, 61, 147, 194, 274, 329
Azotobacter chroococcum, 157

Bacillus megaterium, 23
— subtilis, 295
Bambusa, 116, 212
Bartsia, 160
Bassia, 117, 118
Batrachium aquatile, 194, 251
Batrachospermum, 292, 293, 410
Bauhinia, 223, 225
Begonia, 79, 123, 151, 152,
Bellis perennis, 235
Berberis, 68, 197, 376
— vulgaris, 162, 208, 218, 252, 396, 429
Beta saccharifera, 124
— vulgaris, 78, 101, 119, 157, 215, 359, 432 444
Betula, 69, 94, 96, 98, 103, 353
— alba, 94, 129
— pendula, 95, 96, 181, 235
Bidens tripartita, 449
Bignonia, 154, 223
Blassia, 62
Blechnum spicant, 324
Boehmeria, 128
— nivea, 19, 129, 131
Boletus, 288
Botrychium, 58, 323
Botrydium, 17, 278
— granulatum, 17, 18
Bowiea volubilis, 186
Brassica, 149, 439
— napus, 148, 168, 241
— oleracea, 77, 240
— var. botrytis, 357
— var. capitata, 73
— f. gongylodes, 188, 189
— rapa, 73
Bromus, 356
Bryonia dioica, 184, 185, 191
Bryophyllum, 253
— calycinum, 177
— diagremontianum, 80
— verticillatum, 254
Bryophyta, 298, 312
Bryum, 109, 234
Bupleurum falcatum, 235
— perfoliatum, 241
Buxus, 178
— sempervirens 218, 222, 245, 267

Cactus, 198
Calamophyton, 227
Calamus rotang, 184
Calendula, 136
Callithamnion corymbosum, 280
Callitriche, 194
Calluna vulgaris, 197
Caltha palustris, 264
Calycanthus, 361, 365
Calystegia, 371
Camellia, 68, 126
— japonica, 264
Campanula, 371
Candida utilis, 23
Canna, 231
— indica, 364, 443
Cannabis, 128, 140, 208
— sativa, 108, 131
Capparis, 136
— spinosa, 358



©Archivio 2013

**Capsella, 149, 180, 434**
**— bursa — pastoris, 87, 402**
**Cardamine pratensis, 152, 177**
**Carduus acanthoides, 252**
**Carex, 162, 232, 449, 450**
**— riparia, 240**
**Carica papaya, 141, 218**
**Carlina vulgaris, 252**
**Carludovica palmata, 270**
**Carpinus, 178, 231**
**— betulus, 238, 240**
**Cassia, 261**
**— acutifolia, 263**
**Castanea sativa, 198, 233**
**— vesca, 198, 218, 222**
**Casuarina, 188**
**Catharinaea, 317**
**Caulerpa, 17, 174**
**— prolifera, 175**
**Cedrus, 83, 348**
**Ceiba, 131**
**Centaurea, 117, 377**
**— cyanus, 394**
**— solstitialis, 236, 241**
**Centaurium erythraea 197, 377, 993**
**Cephalotus, 254**
**— follicularis, 255**
**Ceramiales, 410**
**Ceramium, 410**
**Cerastium arvense, 426**
**Cerasus, 181**
**— avium, 137**
**Ceratonia siliqua, 426, 443**
**Ceratophyllum, 54, 160**
**— demersum, 208**
**Ceratostomella, 284**
**Cercidium torreyanum, 70**
**Cercis siliquastrum, 352**
**Cereus, 154, 198**
**— nycticalis, 393**
**Chaenomeles japonica, 235**
**Chaetophora, 295**
**Chamaerops, 230**
**Chara sp., 19, 274**
**Chara fragilis, 276, 311**
**Cheiranthus cheiri, 216, 358, 370, 383**
**Chelidonium majus, 140, 357, 383, 434, 450**
**Chenopodium, 355, 432, 444**
**— album, 271**
**Chlamydomonas, 19, 308**
**— braunii, 300, 301**
**— reticulata, 299**
**Chlorella vulgaris, 6, 18, 19, 295**
**Chlorococcales, 18**
**Chlorococcum, 278**
**Chlorophytum sternbergianum, 261**
**Chondrus, 51**
**Chrysanthemum, 372**
**— leucanthemum, 371, 375**
**— vulgare, 137, 357**
**Chrysomyxa abietis, 291**
**Chrysopogon gryllus, 166**
**Clanobacterii, 17**
**Cichorium, 140, 162**
**— intybus, 357**
**Cicuta virosa, 449, 450**
**Cinnamomum, 136, 374, 377**
**— zeilanicum, 138**
**Circaea lutetiana, 70, 152**
**Cirsium, 197, 449**
**— arvense, 252**
**— lanceolatum, 237**
**Citryllus, 80**
**Citrus, 138, 162**
**— aurantium, 138, 222, 431**
**— limon, 241, 263, 374, 419**
**Cladonia, 273**
**Cladophora, 52, 299, 300, 408**
**Cladostephus, 60**
**Claviceps purpurea, 52, 275, 283**
**Clematis, 69, 97, 122, 129**
**— vitalba, 96, 184, 210, 252, 359, 370, 414**
**Cleome, 358**
**— spinosa, 376**
**Clostridium pasteurianum, 295**
**Cocos nucifera, 415, 433, 441**
**Cocconeis, 304**
**— placentula, 304**
**Cocculus, 224**
**Codium tomentosum, 405**
**Coelogyna cristata, 188**
**Coffea, 113**
**Colchicum autumnale, 76, 136, 153, 192, 426**
**Coleochaete, 280, 304**
**— pulvinata, 306, 308**
**— scutata, 308**
**Coleus, 276**
**Colutea arborescens, 237**
**Comarum, 154**
**Convallaria, 190**
**— majalis, 110, 209, 231, 239**
**Convolvulus, 224, 389**
**Convolvulus arvensis, 140, 159, 186**
**— persicus, 262**
**Corallorhiza innata, 148, 160, 190**
**Corchorus, 137**
**Cordyline, 225**
**Cornus, 218**
**— mas, 240**
**Coronilla varia, 237, 426**
**Corticium serum, 284**
**Corydalis, 191, 393**
**Corylus, 231, 246, 360**
**— avellana, 237, 394**
**Cotinus coggygria, 237**
**Crambe, 439**
**Crassula, 134**
**Crataegus, 357**
**— monogyna, 243**
**Crocosmia aurea, 117**
**Crocus, 153, 192, 384**
**— sativus, 153, 154, 192**
**Cryptostegia, 140**
**Cucumis sativus, 80, 431**
**Cucurbita, 107, 111, 149**
**— pepo, 77, 105, 106, 123, 208, 213**
**Cupressus, 178, 218**
**Cuscuta, 93, 159, 195, 232**
**— europaea, 160**
**Cutleria, 280, 408, 409**
**— multifida, 302**

Cyathocalyx, 126
Cycas, 83, 117, 349
— circinalis, 116, 231, 341, 342
Cyclamen, 191, 376
Cydonia, 136, 431
— oblonga, 125, 276
Cylindrocystis brebisonii, 299
Cymbidium, 188
Cynodon dactylon, 357
Cynoglossum, 420, 450
Cyperus, 118, 183
Cytisus, 68, 364

Dahlia, 158, 197,
— variabilis, 157, 158, 357
Daphne mezereum, 393
Datura, 116, 117, 163
— stramonium, 91
Daucus carota, 157, 172, 233, 449
Delphinium, 435
Dendrobium, 188
Dentaria bulbifera, 189, 274
Derbesia, 408
Dasylirion filifolium, 80
Deutzia scabra, 88, 231
Dianthus, 72, 73, 87, 117, 261, 368
Dicella, 219
Dictamnus, 264
Dictyota, 179, 280
Digitalis, 263
— purpurea, 365
Dionaea, 254
— muscipula, 255
Dioscorea, 159
Diospyros, 113, 223
Dipsacus, 213
— silvester, 241
Dipteris conjugate, 238
Dipterocarpus, 163
Dischidia rafflesiana, 254
Dorstenia, 355
Draba verna, 197
Dracaena, 95, 174
— draco, 198, 225
— fruticosa, 174
— marginata, 174
Draparnaldia, 295, 299, 300
Drosera, 254
— rotundifolia, 135, 229
Drosophyllum, 254
— lusitanicum, 255
Dryas octopetala, 198
Drymis, 217
Dryopteris, 202, 258
— filix-mas, 92, 202, 231, 325—327
Dumontia, 51

Ecbalium elaterium, 417, 420,
Echinocactus, 187
Echinops, 353
Ectocarpales, 278
Ectocarpus, 278
— lucifugus, 278, 279
— siliculosus, 300, 302, 405, 406
Eichornia crassipes, 93, 241

Elaeagnus angustifolia, 89, 158
Elatine, 194, 209
Elodea canadensis, 194, 196, 229, 260
Entanda scandens, 449
Ephedre, 83, 235, 238
— campylopoda, 342, 347
— distachya, 188, 242, 344
— trifurca, 345
Epilobium, 395, 436
— angustifolium, 250
Epipogium, 190
— aphyllum, 160
Equisetum, 62, 112, 116
— arvense, 330, 331
— limosum, 202
— maximum, 196
— silvaticum, 330
— telmateia, 330
Eragrostis, 244
Eriophorum, 359
Erodium cicutarium, 376
Eryngium campestre, 116, 233, 353, 449
Espeletia, 91,
Eucalyptus, 69, 73, 96, 136
— amygdalina, 182
— versicolor, 182
Eudorina elegans, 301
Euglena, 296
Euphorbia, 135, 140, 187, 374
— helioscopia, 355
— peplus, 357
— silvatica, 159
Euphrasia, 160
Eurotia ceratoides, 89
Evonymus, 98, 434, 435
— europaea, 94, 197
— latifolia, 94

Fagopyrum esculentum, 349
Fagus, 90, 94, 98, 107, 117
— sylvatica, 92, 151, 171, 198, 235
Fegatella conica, 314
Festuca, 244
— duriuscula, 236
— elatior, 384
Ficaria verna, 88, 153
Ficus, 134, 138, 140, 177
— bengalensis, 154
— carica, 355
— elastica, 72, 75, 260
— religiosa, 152, 154
Filicatae, 329
— eusporangiate, 323
— leptosporangiate, 324, 325
Filipendula hexapetala 157, 158
Forsythia suspensa, 392
Fragaria, 187, 233, 367
— vesca, 134, 187, 364, 416
Frankenia, 263
Fraxinus, 66, 98, 130, 358
— excelsior, 428
Fritillaria tenella, 135, 381, 400
Fuchsia, 272
Fucus, 62, 179, 175
— vesicolosus, 302, 303

Fuligo varians, 17
Fumaria, 213
Funaria, 257
— hygrometrica, 234, 317, 319, 320
Furcellaria, 51
Gagea, 435
Galanthus, 192, 233
— nivalis, 117, 358
Galium, 65, 267
— aparine, 184, 243, 449, 450
— cruciata, 237, 244
— mollugo, 229
— rubioides, 248
Galtonia, 73
Garcinia, 377
Genista, 183, 364
— sagittalis, 184, 208
Gentiana, 196, 231, 232
— asclepiadea, var. cruciata, 250
— excisa, 368
— lutea, 239
Geranium, 129
— pratense, 395, 450
— sanguineum, 159
Geum, 450
Ginkgo, 117, 391, 347
— biloba, 83, 221, 238, 346
Gladiolus, 117, 136, 354
— imbricatus, 192, 262
Glaucium, 385
Glecoma hederacea, 187
Gleditschia, 176, 178, 242, 444
— triacanthos, 68, 147, 426
Globularia, 173
Glycine, 418
— maxima, 114
Gnetum, 83, 126, 223, 342, 345
— latifolium, 130, 343
Gonium, 51
Gossypium, 45, 87, 88, 131, 149
— herbaceum, 131
Guajacum officinalis, 222
Gunnera, 202, 245
Gymnocladus dioica, 147
Gynandropsis, 358

Haematoxylon campechianum, 222
Haliseris, 175
Halopteris, 60
Halosylon, 83, 89
Halycistis, 408
Hamamelis, 263, 370
Hartwegia comosa, 163
Hedera helix, 15, 152, 153, 185, 233, 257
Heleocharis, 117
Hakea suaveolens, 82
Helianthemum aegyptiacum, 177
Helianthus, 86, 117, 136
— annuus, 63, 76, 77, 152, 167, 353, 357
— tuberosus, 119, 191, 193
Helleborus, 77, 370, 381, 382, 418
— purpurascens, 239, 369, 427
Hemerocallis, 163, 354
Hevea, 140, 141

Hibiscus cannabinus, 131
— trionum, 393
Hieracium, 86, 89, 216
— aurantiacum, 87
Hippophae rhamnoides, 86
Hippuris, 208
— vulgaris, 214
Honkenya, 260
Hordeum, 87, 146, 446
Horneophyton, 226, 227, 323
Hottonia palustris, 194
Humulus lupulus, 88, 90, 124, 133, 186, 243, 360
Huperzia selago, 163
Hura crepitans, 427, 451
Hyacinthus, 78, 148, 375
— orientalis, 193, 262
Hydrocharis, 116, 163
— morsus-ranae, 91, 93, 147, 163
Hydrocotyle, 230
Hydrodiction, 278, 279
Hymenophyllum, 263
Hyosciamus niger, 89, 263, 368
Hypericum, 264
— perforatum, 374

Iberis, 210
Ilex, 69
Impatiens noli-tangere, 263, 417, 420, 451
Ipomaea, 140, 224, 392, 439
Iriartea, 159
Iris, 163, 373
— germanica, 92, 117, 165
Isatis tinctoria, 236
Isoetes, 148
— lacustris, 194, 335
Ithyphallus impudicus, 289

Jaccandrda, 222, 397
Jasione montana, 261
Juglans, 68, 117, 129
— regia, 360, 373, 417
Juncus, 113, 119, 162
— effusus, 120
Juniperus, 96, 235
— communis, 62, 198, 259
Jussieua repens, 156, 380

Kalanchoe fedtschenkoi, 88
Kämpferia, 376
Klelnia, 72

Lachnea, 284, 285
Lactuca, 141
— sativa, 418, 428
— serriola, 142, 251
Laminaria, 174, 271, 280
— saccharina, 279
Lamium, 190, 210
— album, 190
— amplexicaule, 241
Lappa major, 173, 174, 353, 354, 371,
Laportea stimulans, 450
Larix, 68, 83, 178
— decidua, 215, 258

Laserpitium latifolium, 173, 437
Lathraea, 264
— squamaria, 159, 195
Lathyrus, 183, 213
— aphaca, 243, 253
— maritimus, 262
Laurus, 69, 263
— nobilis, 73, 137, 218
Lavandula, 133, 137
— angustifolia, 237
— spica, 117
Lavatera, 431
Leersia, 439
Lemna, 82, 93, 146, 194
Lens culinaris, 162
Leontopodium alpinum, 356, 357
Lepidium perfoliatum, 251
Lepidocarpon, 332
Lepidodendron, 203, 330
Lepidostrobus, 331
Lessonia flavicans, 174
Leucojum, 361
— vernum, 117
Ligustrum vulgare, 215, 357, 422
Lilium, 193, 359
— candidum, 193, 194, 379, 386
— martagon, 153, 194, 399, 416
Limonium, 133, 134
Linaria, 136, 372
— vulgaris, 159, 356, 372
Linum, 108, 131, 136,
— usitatissimum, 19, 128, 376, 417, 437
Liriodendron, 97, 231
— tulipifera, 231, 260
Lodoicea, 433
Lonicera, 97, 98, 129, 176
— caprifolium, 241
— japonica, 137
Loranthus europaeus, 160, 197
Lotus corniculatus, 243
Lupinus, 93, 133, 149, 156, 157, 353
Lunaria rediviva, 426
Luzula, 162, 359, 370, 435
Lychnis, 232, 358, 370
— dioica, 378, 394
— flos-cuculi, 370
— viscaria, 358
Lycium halimifolium, 235
Lycopersicum esculentum, 429, 437
Lycopodium, 112, 147, 149, 179, 227, 332
— cernuum, 333
— complanatum, 179, 333
— inundatum, 163
Lyginopteris, 337
Lysimachia nummularia, 186
Lythospermum, 180
Lythrum salicaria, 383

Maclura aurantiaca, 140, 432
Macrocystis, 109, 175, 271
Magnolia, 97, 129
Mahonia, 238
— aquifolium, 263
Majanthemum bifolium, 190, 210
Malus, 68, 69, 96
Malva, 231, 233, 361, 363, 431
— sylvestris, 233, 374
Mamillaria, 139
Manihot, 141
Maranta, 73
Marchanthia polymorpha, 58, 274, 312, 313, 315, 316
Marsilea, 63, 134
Matricaria chamomilla, 137
Medicago, 156, 213, 435
— falcata, 261
— sativa, 77, 143, 162, 172
Melampyrum, 160
Melandrium album, 393
— rubrum, 393
Melianthus major, 243
Melica, 356
— uniflora, 357
Melobesia, 60, 61, 274
Mentha, 133
— aquatica, 377, 378, 380
— piperita, 90, 190
Mercurialis, 374, 377
Mesembryanthemum, 87, 262
— crystalinum, 75
Mesocarpus, 304
— pleurocarpus, 305
Metroxylon rumpfii, 189
Metzgeria, 61
Micrasterias, 29
Micrococcus lysodeicticus, 23
Microcycas, 345
Mimosa pudica, 45, 167, 243
Mirabilis jalapa, 173, 213
Mnium, 82, 109, 234, 318
Monas, 296
Monophylaea, 231
Monostroma, 52
Monotropa, 76
Monstera, 126, 230
— deliciosa, 124, 265
Morus, 141, 153
— alba, 123, 145, 260
— nigra, 251
Mougeotia calcarea, 304
Mouriria, 125
Muco mucedo, 18, 218, 306
Mucuna, 219
Musa, 19, 103, 140
— paradisiaca, 197
— sapientium, 230
— textilis, 131
Muscari, 359, 375
— commosum, 240
— racemosum, 178, 193
Myosurus minimus, 358, 359
Myriophyllum, 54, 120
— spicatum, 194, 208, 265
Myrmecodia, 159
— echinata, 159
Myrtus, 138

Najas, 209
Narcissus, 77, 136
— jonquilla, 133

Nardus stricta, 383
Nasturtium officinale, 153, 435
Navicula viridula, 304
Nelumbo nucifera, 85, 431
— speciosum, 240
Nemalionales, 292
Neottia nidus-avis, 76, 159
Nepenthes, 135, 230, 254
Nephrodium, 201
Nephrolepis, 199
Nereocystis, 175
Nerium, 129, 140, 141, 262
— oleander, 68, 73, 95, 142, 248
Nicotiana alata, 435, 438
— tabacum, 81, 236, 371, 417
Nitella, 310
— flexilis, 310, 312
Nostoc, 295
Nuphar luteum, 76, 85, 119
Nymphaea, 28, 120, 127, 364
— alba, 76, 77, 79, 82, 85, 265, 370
Nymphoides peltata, 79, 85, 208

Odontoglossum, 188
Oedogonium, 278, 309
— boscii, 308
— braunii, 309
— capilare, 308
— concatenatum, 279, 309
— crispum, 308
— flavescens, 309
Oenothera, 392
Olea, 126
— europaea, 77, 89, 198, 222, 245
Olpidium, 278
— viciae, 300
Onobrychis viciifolia 233, 426
Onoclea, 325
Ononis, 84, 87, 90
Ophioglossum, 159, 323
— bulbosum, 163
— vulgatum, 159, 163, 202
Opuntia, 117, 187
— cilindrica, 188, 260
Orchis, 135, 380
— morio, 158
Ornithogalum caudatum, 262
Orobanche, 93, 232, 435, 437
Orobus, 450
Oryza, 157
Oscillatoria, 17, 273
Osmunda, 200, 234
Oxalis, 190, 451
— acetosella, 117, 190, 237, 374
— bupleurifolia, 254
— stricta 393

Padus lauro-cerasus, 198, 261, 266
— racemosa, 237
Paeonia, 424
Paeonia tenuifolia, 116, 431
Papaver, 89, 141, 361, 363, 384
— somniferum, 142, 238, 381
Parietaria officinalis, 295

Paris quadrifolia, 190, 248, 373, 374
Paronychia cephalotes, 243
Parthenium argentatum, 140
Parthenocissus quinquefolia, 185
Passiflora, 137, 358
— coerulea, 137
Pastinaca sativa, 124, 172
Paullinia, 223
Paulowinia imperialis, 159
Pedicularis, 160, 371, 372
Pelargonium, 67, 87, 89, 129
— spinosum, 252
— zonale, 315, 272
Pellia epiphylla, 62
Pennisetum clandestinum, 74
Peperomia, 207
— trichocarpa, 119, 120
Periploca graeca, 141, 223, 263
Persica vulgaris, 246, 247
Petasites, 122
— albus, 245
— officinalis, 357
Peziza, 281, 285
Phalaenopsis schilleriana, 154
Pharbitis purpurea, 439
Phaseolus, 84, 148, 162, 148, 421
— coccineus, 91, 186
— multiflorus, 134, 232, 446
— vulgaris, 77, 126, 149, 175
Philadelphus, 98, 231, 376
— coronarius, 68
Philodendron, 152
Phlox paniculata, 276
Phoenix, 113, 213, 230, 435, 443
— dactylifera, 197, 426
Phormium, 269
— tenax, 131
Phycomyces blakesleeanus, 306
Phyllanthus, 188, 228
— speciosus, 188
Phyllitis, 233
— scolopendrium, 233
Physalis alkekengi, 369, 420
Physostigma, 434
Phytolacca, 209
— decandra, 357
Picea, 83, 96, 116
— abies, 138, 139, 149, 245, 258, 259
Pilularia globulifera, 329
Pinguicula vulgaris, 135, 237, 254 377
Pinus, 68, 69, 82, 96, 139, 149, 158, 217, 348
Pinus cembra, 198
— cembroides var. edulis, 167
— laricio, 62, 339
— maritima, 248
— montana, 82
— pinea, 349
— sylvestris, 19, 62, 72, 102, 233, 340, 343, 346
Piper, 209
— nigrum, 134
Pisum, 126, 157, 364
— sativum, 40, 72, 91, 145, 213
Pistia stratiotes, 91, 167

Plantago, 65, 212, 384
— major, 92, 197
— media, 153
Plasmopara, 278
Plantanthera bifolia, 133
Platanus, 69, 89, 218
Platycerium grande, 254
Plectonema, 273
Plumbagella, 391
Plumbago capensis, 73, 90, 133
Poa bulbosa var. vivipara, 189
— pratensis, 235, 344
— trivialis, 244
Podocarpus, 341, 345
Podophyllum, 209
Podospora, 284, 285
Polygala, 374, 375
Polygonum, 116
— amphibium, 194
— bistorta, 190
— convolvulus, 186
— divaricatum, 387
— viviparum, 189
Polyphagus euglenae, 306
Polypodium, 110
— vulgare, 202, 235, 250
Polypogon monspeliensis, 244
Polyporus, 52, 271, 288
Polyrrhiza, 155
Polysiphonia, 293, 295, 410
Polytrichum, 255, 317
— commune, 234, 319
Populus, 68, 97, 360
— deltoides, 79
— nigra var. italica, 231, 272
— pyramidalis, 77
— tremula, 235, 241
— tremuloides, 96
Porella, 314
Porphyra, 292, 293
Portulaca, 87, 89, 117, 151, 427
— grandiflora, 393
— oleracea, 89
Potamogeton, 119, 162, 163, 194, 439
— crispus, 195
— gramineus, 54, 77, 121
Potentilla, 233
Primula, 202, 231, 384
— obconica, 368
— officinalis, 178, 190, 353, 368, 396
— sinensis, 89, 134
Protolepidodendron, 227
Protosiphon, 300
Prunus, 94, 98, 136
— avium, 69, 77, 96, 159, 276
— domestica, 276
— mahaleb, 352
— spinosa, 91, 392
Psaliota campestris, 285, 288
Pseudomonas faeruginosa, 23
Pseudosporochnus, 227
Pseudotsuga, 259
Psilophyton, 227
Psilotum, 202
— triquetrum, 148, 202, 323
Psoralea, 84
Petridium, 201
— aquilinum, 148, 201, 229
Pterocarpus santalinus, 218
Pteropsida, 227, 234
Puccinia graminis, 290
Pulmonaria officinalis, 381
Pulsatilla, 233, 414
Punica granatum, 68, 436
Pyronema confluens, 281, 282
Pyrus, 68, 97, 231
— sativa, 125, 235

Quercus, 73, 94, 98, 107, 129, 158, 414
— pedunculata, 198
— petraea, 238
— robur, 218, 238, 445
— suber, 68, 91, 95, 98

Rafflesia arnoldii, 195
Ranunculus, 91, 92, 110
— acer, 164, 228, 358, 361, 381
— auricomus, 251
— repens, 120, 187, 196, 203, 204
Raphanus, 191, 214, 246
— raphanistrum, 426, 449
— sativus, 57, 157, 173, 192
Raphia, 131, 245
— taedigera, 269
Regnellidium diphyllum, 141
Reseda, 136, 367, 435
— arbica, 75
— lutea, 237
Rhamnus, 123
— frangula, 240
Rheum, 130
Rhinanthus, 160, 264
Rhizobium, 156
Rhizophora, 155
Rhododendron kotschyi, 198, 260
Rhopalodia gibb, 304
Rhynia, 109, 200, 225, 322
Ribes, 218, 276, 352
— rubrum, 95, 436
Ricinus, 65, 93, 213, 216, 445
— communis, 73, 114, 238, 373, 447
Rivularia, 296
Robinia, 66, 98, 129
— pseudacacia, 68, 162, 242
Rochea, 87
Roripa austriaca, 152
Rosa, 19, 90, 131, 359
— canina, 91, 243, 360, 368, 372, 416
Rosmarinus, 133
Rubia tinctorum, 184
Rubus, 91, 97, 136, 359
— idaeus, 159, 276, 416
Rumex, 159, 231
— acetosella, 159, 236
— scutatus, 231, 235
Ruscus, 188, 228
— aculeatus, 188
Ruta, 138

Saccharum, 73, 130
Saccharomyces cerevisiae, 18, 273

Sagittaria sagittifolia 147, 194, 233, 252
Salicornia herbacea, 119
Salix, 68, 94, 98, 107, 353
— alba, 235
— alpina, 198
— caprea, 95, 239
— reticulata, 197
— triandra, 117
— viminalis, 237
Salsola kali, 274, 438, 449
Salvia, 123, 232
— officinalis, 117
— splendens, 368
Salvinia, 61, 150
— natans, 147, 183, 194, 196, 254, 328
Sambucus, 19, 98
— ebulus, 124, 180
— nigra, 107, 116, 123
Samolus valerandi, 177
Sansevieria, 230
Saponaria, 360
— officinalis, 153
Saprolegnia, 278, 306
Sarothamnus, 117, 374
— scoparius, 188, 375
Sarracenia, 136, 254
Sarcanthus rostratus, 155
Sauromatus, 193
Saxifraga, 134
— cuneifolia, 235
— granulata, 194
— sarmentosa, 77
Scabiosa, 353, 449
Schizandra, 91
Schizanthus, 89
Schizosaccharomyces, 284
Sicilla bifolia, 116, 153, 193
Scirpus, 113, 162, 183
Scorzonera, 141
Scrophularia, 228
Scenedesmus, 6, 295
Secale cereale, 80, 147
— cornutum, 283
Sedum, 83, 119, 355, 416, 431
— acre, 236
— andersoni, 146
— maximum, 250
Selaginella, 62, 112, 148, 179, 334
— krausiana, 335, 350
Sempervivum, 119, 183
— funkii, 145
Senecio, 130, 136, 449
— articulatus, 274
Sequoia 182, 222
— gigantea, 182, 198
Sigillaria, 203, 227, 234, 330
Silene, 183, 369
— acaulis, 197
— nutans, 183
— vulgaris subsp. maritima, 261
Sinapis, 117
— alba, 145, 147
— arvensis, 369, 434,
— nigra, 136
Sisymbrium sophia, 434
Sium angustifolium, 449
Smilax, 162, 166
— aspera, 239, 243
— excelsa, 91
Solanum, 80, 83, 123, 377
— dulcamara, 68, 184
— tuberosum, 77, 80, 89, 238, 366, 431, 438
Sonchus, 141
— oleraceus, 159, 236
Sonneratia alba, 156
Sophora, 443
Sorbus, 238
— aucuparia, 356, 357
— torminalis, 238
Sorghum, 130
Spartium, 188
— junceum, 133
Spergularia rubra, 393
Sphacelaria, 60, 61
Sphagnum, 234, 257, 271, 321
Spiraea, 68, 357
— ulmifolia, 238
Spirogyra, 52, 273
— grevilliana, 306
Spirogyra longata, 304
— quadrata, 306
— spreelana, 305
— varians, 305, 306
— weberi, 306
Spirotaenia condensata, 304
Stachys sieboldii, 191
Stanhopea, 114, 148
— tigrina, 148
Stauropteris, 227
Stellaria, 196, 370
— media, 89, 196, 271
— nemorum, 184
Sterculia, 154, 263
Stigeoclonium, 406, 407
— subspinosum, 406
Stipa tenacissima, 269
Stratiotes aloides, 91, 93, 194
Strophanthus, 436
Strychnos nux vomica, 219
Stypopodium atomarium, 60
Styrax, 89
Surirella, 304
— saxonica, 304
Symphyogyna, 61
Symphytum, 363, 378
Syringa, 90, 117, 229, 357, 422
— vulgaris, 77, 159, 238, 371

Tacoca lancifolia, 354
Taeniophyllum, 155
— zollingeri, 155, 156
Tafalla, 263
Tamarix, 73, 117, 133
Tamus communis, 239
Taraxacum, 159, 353
— officinale, 141, 233
Taxodium, 198
— distichum, 96, 156
— mexicanum, 198

Taxus, 178, 258, 339, 349
— baccata, 116, 117, 218
Tecoma radicans, 185, 397
Telekia speciosa, 449
Testudinaria, 191
Thea sisnensis, 264
Thalictrum, 199, 209
— aquilegiifolium, 209
Thesium, 160
— divaricatum, 388
Thinouia, 223
Thlaspi perfoliatum, 241
Thuja, 68, 233
— occidentalis, 349
— orientalis, 73
Thunbergia, 219
Thymelaea, 263
— hirsuta, 117
Thymus, 133, 137, 195
— serpyllum, 186, 374
Tilia, 87, 94, 98, 108, 129
— cordata, 219, 235, 238
— europaea, 198
— tomentosa, 250
Tillandsia usneoides, 160
Tmesipteris, 160
Todea, 155
— aspera, 116
Tofieldia calyculata, 136
Torreya taxifolia, 345
Torilis, 357
Tozzia, 160
Tradescantia, 35, 77, 152, 186
Tragopogon, 141
Trapa natans, 77, 145, 208, 241
Trentlepohlia, 300
Tribonema, 278
Trifolium, 149
— campestre, 243
— pratense, 91, 242, 356, 435
Trigonella, 443
Triticum, 87, 119, 130, 355, 439
— aestivum, 77, 80, 207, 356, 428, 430, 443
— vulgare, 197
Trochodendron, 125, 126
Tropaeolum, 136, 368
— majus, 184, 241, 369
Tsuga, 83, 348
Tulipa, 178, 365, 381
— gesneriana, 193, 426
Typha, 116, 190

Ulmus, 68, 94, 98, 181
— campestris, 91, 231, 236, 392
— minor f. suberifera, 94
Ulothrix, 278, 279, 295, 296, 299
Ulva lactuca, 408, 409
Urtica, 88, 140
— dioica, 19, 87, 90, 238
Utricularia, 160, 209
— vulgaris, 194, 225

Vaccaria pyramidata, 417
Vaccinium, 377, 429
— myrtillus, 197
— vitis-idaea, 197, 238
Valeriana officinalis, 180, 238
Vallisneria spiralis, 76, 162, 163, 261, 397
Vanda, 155
Vanilla, 162, 184
— planifolia, 154, 398
Vaucheria, 278
Veratrum, 116
— album, 117
Verbascum, 87, 89
— phlomoides, 237
— thapsiforme, 241
— thapsus, 81, 86
Veronica, 93
— beccabunga, 93, 153, 263
Veronica hederifolia, 196, 271
— officinalis, 180, 186
— prostrata, 186
Viburnum, 218
— lantana, 238
— opulus, 357
Vicia, 137, 450
— faba, 35, 40, 80, 170, 436, 437
— sepium, 137
Victoria regia, 245
Vinca, 140, 142
— minor, 19, 383
Viola, 87, 90, 136, 450
— odorata, 236, 237, 374, 395
— silvatica, 178
— tricolor, 87, 178, 383, 427
Viscum album, 69, 160, 197, 232
Vitis, 68, 69, 96, 98, 129
— gongyloides, 169, 170
— vinifera, 106, 107, 151, 276, 356, 357, 383, 429
Volvox, 51

Welwitschia, 83, 342
— mirabilis, 226, 343
Wisteria sinensis, 223
Wolffia arrhiza, 195

Xanthium spinosum, 252, 449
Xanthoria, 273

Yucca, 95, 174, 198
— filamentosa, 225

Zamia, 339, 346
— muricata, 339
Zea, 360, 442
— mays, 74, 75, 77, 112, 147, 205—207, 447
Zebrina pendula, 73
Zingiber officinale, 73
Zygogonium, 217
Zygosaccharomyces chevalieri, 303

# Cuprins

*Prefață (dr. V. Soran & dr. M. Andrei)* ..... 5
*Viața și opera lui Ioan Grințescu (dr. V. Soran & dr. M. Andrei)* ..... 6
*Introducere (dr. V. Soran & dr. M. Andrei)* ..... 9

**Capitolul I**

**1. Citologia** (*dr. V. Soran & Ana Fabian*)

1.1. Structura celulară ..... 13
1.2. Teoria celulară — celula unitate elementară a vieții ..... 14
1.3. Tipuri de celule vegetale (forma și mărimea lor) ..... 15
1.4. Structura și funcțiile celulei vegetale eucariote ..... 20
1.5. Diviziunea celulară ..... 37
1.6. Elemente de fiziologie celulară ..... 47

**Capitolul II**

**2. Histologia** (*dr. M. Andrei, dr. C. Toma, dr. Elena Petria*)

2.1. Țesuturi false și țesuturi adevărate (*dr. M. Andrei*) ..... 50
2.2. Principii de bază în organizarea țesuturilor adevărate ..... 53
2.3. Clasificarea țesuturilor ..... 54
2.3.1. Sistemul generator ..... 56
2.3.1.1. Caracterele citologice ale meristemelor ..... 56
2.3.1.2. Caracterul creșterii meristemelor ..... 57
2.3.1.3. Clasificarea meristemelor ..... 59
2.3.2. Sistemul protector ..... 70
2.3.2.1. Epiderma ..... 70
2.3.2.2. Epiderma multistratificată ..... 75
2.3.2.3. Exoderma ..... 91
2.3.2.4. Endoderma ..... 91
2.3.2.5. Țesutul caliptral ..... 93
2.3.2.6. Țesuturi protectoare secundare ..... 93
2.3.3. Sistemul conducător (*dr. C. Toma*) ..... 98
2.3.3.1. Țesutul conducător lemnos ..... 99
2.3.3.2. Țesutul conducător liberian (liberul, leptomul sau floemul) ..... 105
2.3.3.3. Evoluția filogenetică a vaselor conducătoare ..... 108
2.3.3.4. Tipuri de fascicule conducătoare ..... 110
2.3.3.5. Rolul țesuturilor conducătoare în viața plantei ..... 112
2.3.4. Sistemul fundamental (*dr. M. Andrei*) ..... 113
2.3.4.1. Parenchimurile ..... 113
2.3.4.2. Țesutul mecanic sau de susținere (dr. *Elena Petria*) ..... 121
2.3.4.3. Țesuturi secretoare ..... 131

**Capitolul III**

**3. Organografia** (*dr. M. Andrei, dr. Eugenia Teodorescu, dr. Gabriela Șerbănescu-Jitariu, dr. C. Toma*)

3.1. Rădăcina (dr. *Eugenia Teodorescu*) ..... 144
3.1.1. Morfologia rădăcinii ..... 145
3.1.2. Ramificația rădăcinii ..... 148

3.1.3. Tipuri morfologice de rădăcini ..... 149
3.1.4. Rădăcini metamorfozate ..... 153
3.1.5. Anatomia rădăcinii ..... 160
3.1.5.1. Structura primară a rădăcinii şi variaţiile ei ..... 161
3.1.5.2. Rădăcina de Ranunculus acer (piciorul cocoşului) ..... 163
3.1.5.3. Rădăcina de Irius germanica (stînjenel) ..... 165
3.1.5.4. Stereomul rădăcinii primare ..... 166
3.1.5.5. Originea şi dispoziţia radicelelor ..... 168
3.1.5.6. Structura secundară a rădăcinii ..... 170
3.1.5.7. Cazuri particulare de îngroşare secundară a rădăcinii ..... 172
3.2. Tulpina (dr. docent *Gabriela Şerbănescu-Jitariu*) ..... 174
3.2.1. Originea tulpinii ..... 174
3.2.2. Morfologia tulpinii ..... 175
3.2.3. Ramificaţia tulpinii ..... 178
3.2.4. Dispoziţia ramurilor pe tulpină ..... 179
3.2.5. Aspectul exterior al arborilor (habitus) ..... 181
3.2.6. Tulpini supraterane ..... 182
3.2.7. Tulpini metamorfozate ..... 187
3.2.7.1. Tulpini supraterane, asimilatoare ..... 187
3.2.7.2. Tulpini subterane ..... 189
3.2.7.3. Tulpini acvatice ..... 194
3.2.7.4. Tulpini reduse ..... 195
3.2.8. Vîrful vegetativ şi originea ramurilor ..... 195
3.2.9. Structura axei tulpinale ..... 198
3.2.9.1. Structura primară a tulpinii ..... 198
3.2.9.2. Tipuri de stel, evoluţia stelului ..... 200
3.2.9.3. Tipuri de structură primară a tulpinii ..... 202
3.2.9.4. Variaţii în structura primară a tulpinii la fanerogame ..... 207
3.2.9.5. Mersul fasciculelor în tulpină ..... 210
3.2.9.6. Stereomul tulpinii ..... 211
3.2.9.7. Trecerea de la structura rădăcinii la structura tulpinii ..... 212
3.2.9.8. Structura secundară a tulpinii ..... 216
3.2.9.9. Ţesuturile secundare definitive din tulpină ..... 217
3.2.9.10. Formaţiuni secundare în tulpina monocotiledonatelor ..... 225
3.3. Frunza (dr. *C. Toma*) ..... 226
3.3.1. Filogenia frunzei ..... 226
3.3.2. Ontogenia frunzei ..... 228
3.3.3. Prefoliaţie sau vernaţie ..... 230
3.3.4. Foliaţie sau estivaţie ..... 231
3.3.5. Tipuri de frunze sub raport ontogenetic şi funcţional ..... 232
3.3.6. Morfologia frunzei ..... 234
3.3.6.1. Limbul sau lamina frunzei ..... 235
3.3.6.2. Peţiolul sau codiţa frunzei ..... 241
3.3.6.3. Baza frunzei ..... 242
3.3.7. Morfologia frunzei compuse ..... 242
3.3.8. Anexele foliare ..... 243
3.3.9. Dispoziţia frunzelor pe tulpină (filotaxia) ..... 245
3.3.10. Variaţii privind forma, mărimea şi dispoziţia frunzelor pe tulpină ..... 250
3.3.11. Frunze metamorfozate ..... 252
3.3.12. Anatomia frunzei ..... 256
3.3.12.1. Variaţii ale structurii limbului ..... 256
3.3.12.2. Structura peţiolului ..... 265
3.3.12.3. Structura bazei foliare ..... 267
3.3.12.4. Structura anexelor foliare ..... 268
3.3.13. Căderea frunzelor ..... 268
3.3.14. Importanţa economică a frunzelor ..... 260

**Capitolul IV**

**4. Reproducerea plantelor** (*dr. Natalia Rădulescu-Mitroiu*)

4.1. Definiţia înmulţirii ..... 271
4.2. Germenii ..... 271
4.3. Înmulţirea asexuată (Monogonia) ..... 272
4.3.1. Înmulţirea vegetativă ..... 272
4.3.2. Înmulţirea asexuată (sensu stricto) ..... 277

4.4. Reproducerea sexuată (Amfigonia) ..... 297
4.4.1. Reproducerea sexuată prin unirea gameţilor liberi ..... 298
4.4.2. Reproducerea prin celule libere care funcţionează ca gameţi ..... 303
4.4.3. Reproducerea sexuată cu desprinderea zigotului ..... 304
4.4.4. Reproducerea sexuată cu desprinderea zigotului transformat în embrion sau plantulă ..... 312
4.4.5. Reproducerea la Bryophyta ..... 312
4.4.6. Reproducerea la Pteridophyta ..... 322
4.4.7. Reproducerea sexuată la fanerogame ..... 337
4.4.7.1. Reproducerea sexuată la Gymnospermae ..... 338
4.4.7.2. Polenizarea şi germinaţia polenului la Pinus sylvestris ..... 346
4.4.7.3. Fecundaţia şi dezvoltarea zigotului la Pinus sylvestris ..... 346
4.4.7.4. Dezvoltarea embrionului la Pinus sylvestris ..... 347
4.4.7.5. Sămînţa la gimnosperme ..... 349
4.4.7.6. Omologarea organelor sexuale de la gimnosperme cu cele de la criptogamele vasculare heterospore ..... 349
4.4.8. Reproducerea sexuată la angiosperme ..... 351
4.4.8.1. Flori solitare şi flori grupate ..... 352
4.4.8.2. Inflorescenţe ..... 352
4.4.8.3. Morfologia florii la angiosperme ..... 358
4.4.8.4. Raportul dintre diferitele părţi ale florii ..... 361
4.4.8.5. Preflorație ..... 362
4.4.8.6. Simetria floral ..... 363
4.4.8.7. Diagrame şi formule florale ..... 365
4.4.8.8. Ontogeneza organelor florale ..... 366
4.4.8.9. Caliciul ..... 367
4.4.8.10. Corola ..... 370
4.4.8.11. Androceul ..... 372
4.4.8.12. Gineceul ..... 381
4.4.8.13. Ecologie floral ..... 392
4.4.8.14. Fecundaţia şi formarea zigotului la angiosperme ..... 400
4.4.8.15. Originea şi dezvoltarea embrionului (embriogeneza) ..... 401
4.5. Alternanţa generaţiilor şi schimbul de faze nucleare (*dr. V. Soran &, dr. Natalia Rădulescu-Mitroiu*) ..... 404

**Capitolul V**
**5. Fructul** (*dr. M. Andrei*)

5.1. Definiţia fructului ..... 414
5.2. Condiţiile fructificării ..... 415
5.3. Morfologia externă a fructului ..... 415
5.3.1. Fructe simple şi fructe multiple ..... 415
5.3.2. Fructe cărnoase sau zemoase şi fructe uscate ..... 416
5.3.3. Anatomia pericarpului ..... 417
5.3.4. Mecanismul deschiderii la unele fructe uscate ..... 418
5.3.5. Mecanismul deschiderii la unele fructe cărnoase ..... 420
5.3.6. Maturaţia fructelor cărnoase ..... 421
5.3.7. Clasificarea fructelor ..... 422

**Capitolul VI**
**6. Sămînţa** (*dr. M. Andrei*)

6.1. Forma, mărimea şi culoarea seminţelor ..... 433
6.2. Anexele tegumentului seminal ..... 434
6.3. Structura tegumentului seminal ..... 436
6.4. Funcţiile tegumentului seminal ..... 438
6.5. Embrionul ..... 438
6.5.1. Morfologia embrionului ..... 438
6.6. Endospermul ..... 440
6.6.1. Tipuri de endosperm după natura substanţelor de rezervă ..... 442
6.6.1.1. Seminţe care conţin endosperm şi perisperm ..... 443
6.6.1.2. Seminţe lipsite de endosperm ..... 443
6.7. Organizarea structurală a seminţelor ..... 445
6.8. Morfologia germinaţiei seminţelor ..... 447
6.9. Diseminarea fructelor şi seminţelor ..... 448

*Bibliografie selectivă* ..... 452
*Indice de termeni şi denumiri ştiinţifice* (dr. *Natalia Rădulescu-Mitroiu*) ..... 455

Redactor: VASILE IACOB
Tehnoredactor: MARILENA DAMASCHINOPOL

Coli de tipar: 30; Bun de tipar: 18. 11. 1985

Tiparul executat sub comanda nr. 130
Întreprinderea poligrafică Sibiu
Şos. Alba Iulia nr. 40
Republica Socialistă România